

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Механіко-машинобудівний інститут

Кафедра інтегрованих технологій машинобудування

«На правах рукопису»
УДК 621.91

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ В.А. Пасічник
(підпис)
“ ” _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 133 – Галузеве машинобудування (інженерний дизайн)
(код і назва)

на тему: Автономна модульна платформа для оприскування рослин (комплексна магістерська дисертація)

Виконав (-ла): студент (-ка) 2 курсу, групи МІ-62М
(шифр групи)

_____ Варцаба Андрій Олексійович _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Науковий керівник Зав. кафедри, д.т.н., професор, Пасічник В.А.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант _____
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.
Студент _____
(підпис)

Київ – 2018

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Інститут (факультет) Механіко-машинобудівний інститут

Кафедра інтегрованих технологій машинобудування

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність 133 – Галузеве машинобудування (інженерний дизайн)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ В.А. Пасічник

(підпис)

« ____ » _____ 2018 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Варцаба Андрій Олексійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Автономна модульна платформа для оприскування рослин (комплексна магістерська дисертація) _____,
науковий керівник дисертації Пасічник В.А., д.т.н. професор _____,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « ____ » _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом дисертації _____

3. Об'єкт дослідження Процес пошуку дизайну і технічного рішення перспективного робота-трактора для зрошування у сільському господарстві.

4. Предмет дослідження Екстер'єр та компоновка перспективного робота-трактора для зрошування у сільському господарстві та його функціональні й технічні характеристики.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити На основі аналізу ринку й наявних технічних рішень робота-трактора для зрошування у сільському господарстві розробити розробити нове концептуальне рішення, розробити дизайн екстер'єру та компоновку робота-трактора для зрошування у сільському господарстві та визначити його основні функціональні й технічні характеристики ", створити й дослідити макет прототипу нового робота-трактора для зрошування у сільському господарстві, підготувати пропозицію стартап-проекту для ринку роботів-тракторів для зрошування у сільському господарстві.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу Виготовлення макету в масштабі 1:5, підготовка презентації.

7. Орієнтовний перелік публікацій 2 тези доповіді на наукових конференціях за темою дослідження.

8. Консультанти розділів дисертації*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

9. Дата видачі завдання 1.09.2016 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Сучасний стан та перспективи розвитку автономних роботизованих систем для сільського господарства	1.01.2017	
2	Теоретичне обґрунтування та розрахунки проектних параметрів FLIBot	1.09.2017	
3	Технологічне забезпечення виготовлення макету FLIBot	1.12.2017	
4	Розроблення стартап-проекту FLIBot	1.05.2018	
5	Підготовка презентації, оформлення роботи	5.05.2018	

Студент

(підпис)

А.О. Варцаба

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

В.А. Пасічник

(ініціали, прізвище)

* Консультантом не може бути зазначено наукового керівника магістерської дисертації.

АНОТАЦІЯ

Варцаба А.О. Автономна модульна платформа для оприскування рослин (комплексна магістерська дисертація)

Дисертація на здобуття наукового ступеня магістра за спеціальністю 133 – Галузеве машинобудування (інженерний дизайн). Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». – Київ, 2018.

На основі дослідження стану сільськогосподарського машинобудування визначено, що в розвинутих країнах все більше поширюється застосування принципів точного землеробства. При чому точне землеробство потребує специфічних технологій, які були розглянуті у першому та другому розділах даної роботи. І на даний момент жодний з потенційних конкурентів ще не вийшов на ринок.

За результатами даної роботи було визначено ті характеристики, які, на нашу думку, є необхідними для автономного сільськогосподарського робота-трактора, сформульована концепція та спроектована механічна частина цього робота-трактора. Також був проведений аналіз та визначення необхідних для реалізації інформаційних технологій, а їх застосування дозволило отримати обґрунтовані інженерні рішення.

Було розроблено та побудовано зменшений прототип робота-трактора.

За результатами досліджень подано заявку на отримання патенту на корисну модель.

Ключові слова. інженерний дизайн; проектування, технологічне забезпечення, робот-трактор; точне землеробство.

АННОТАЦИЯ

Варцаба А.А. Автономная модульная платформа для опрыскивания растений (комплексная магистерская диссертация)

Диссертация на соискание ученой степени магистра по специальности 133 - отраслевого машиностроения (инженерный дизайн). Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского». - Киев, 2018.

На основе исследования состояния сельскохозяйственного машиностроения определили, что в развитых странах все более распространяется При чем точное земледелие требует специфических технологий, которые были рассмотрены в первой и второй главах данной работы. И на текущий момент ни один из потенциальных конкурентов пока не вышел на рынок.

По результатам данной работы было определили те характеристики, которые, по нашему мнению, является необходимыми для автономного сельскохозяйственного робота-трактора, сформулирована концепция и спроектирована механическая часть этого робота-трактора. Также был проведен анализ и определение необходимых для реализации информационных технологий, а их применение позволило отримати обоснованные инженерные решения.

Был разработан и построен масштабный прототип робота-трактора.

По результатам исследований подана заявка на получение патента на полезную модель.

Ключевые слова. инженерный дизайн; проектирование, технологическое обеспечение, робот-трактор; точное земледелие.

ABSTRACT

Vartsaba A.O. Futonomus modular platform for spraying plant processing (complex master's thesis)

Thesis for a Master's degree in specialty 133 - Sectoral engineering (engineering design). National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute". - Kyiv, 2018.

Based on the study of the state of agricultural machinery, it has been determined that the application of the principles of precision agriculture is increasingly applied in developed countries. In addition, precision farming requires specific technologies that were considered in the first and second sections of this work. And at the moment, none of the potential competitors has yet entered the market.

According to the results of this work, the characteristics which, in our opinion, are necessary for an autonomous agricultural robot-tractor are defined, the concept and a designed mechanical part of this robot-tractor are formulated. The analysis and definition of the information technologies necessary for implementation were also carried out, and their application allowed to receive well-grounded engineering solutions.

A reduced prototype of the robot-tractor was developed and built.

According to research results an application for a patent for a utility model has been submitted.

Keywords. engineering design; design, technological support, robot-tractor; precision farming.

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація на тему: «Автономна модульна платформа для оприскування рослин» містить 97 сторінок пояснювальної записки, рисунків – 68, таблиць – 19, використаних джерел – 38, ілюстрації, що включає 34 слайди презентації графічної частини, макет.

Актуальність теми.

Сучасне людство все більше прямує до економії ресурсів, а у сільському господарстві головною концепцією, що призвана зберігати ресурси, є точне землеробство. В усьому світі господарства переходять на новітній спосіб вирощування рослинних культур, що дають більші врожаї при економії води та добрив. Проте, ринок спеціальної сільськогосподарської техніки, що відповідає запитам точного землеробства, ще не насичений серійними зразками.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Магістерська дисертація виконана на кафедрі інтегрованих технологій машинобудування в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» у відповідності з тематичним планом науково-дослідних робіт Міністерства освіти і науки України та спрямована на підготовку стартап-проекту на фестиваль «Сікорські Челедж».

Мета дослідження.

Удосконалення інженерно-технічних характеристик сільськогосподарського робота-трактора для оприскування рослин.

Задачі дослідження:

1. На основі аналізу ринку й наявних технічних рішень робота-трактора для зрошування у сільському господарстві розробити нове концептуальне рішення.
2. Розробити дизайн екстер'єру та компоновку робота-трактора для зрошування у сільському господарстві та визначити його основні функціональні й технічні характеристики.
3. Створити й дослідити макет прототипу нового робота-трактора для зрошування у сільському господарстві.
4. Підготувати пропозицію стартап-проекту для ринку роботів-тракторів для зрошування у сільському господарстві.

Об'єкт дослідження — процес пошуку дизайну і технічного рішення перспективного робота-трактора для зрошування у сільському господарстві.

Предмет дослідження — екстер'єр та компоновка перспективного робота-трактора для зрошування у сільському господарстві та його функціональні й технічні характеристики.

Методи дослідження. Аналіз інженерних рішень, методи активізації пошуку інженерних рішень (мозковий штурм), пошукове, системний аналіз та відбір кращих рішень за системою критеріїв, моделювання структури,

компонентів та загального дизайну рішення в цілому та його компонентів спираючись на сучасні системи автоматизованого проектування, моделювання, технологічного підготовки виробництва, а саме SolidWorks, SolidWorks Simulation, 3ds Max, ArtCAM.

Наукова новизна отриманих результатів.

Удосконалення сільськогосподарського робота-трактора для оприскування рослин за рахунок створення нової концепції, яка передбачає можливість використання сучасних інформаційних технологій для реалізації обробки поля автономним роботом-трактором.

Практичне значення отриманих результатів.

На базі концептуального рішення створено конструкцію нового робота-трактора для оприскування рослин – FLIBot, тривимірні моделі, та масштабний прототип, які виготовлені з використанням технологій оброблення на верстаті з ЧПК.

Публікації. По темі магістерської дисертації опубліковано 2 матеріали доповіді на науковій конференції, та підготовлено заявку на корисну модель та товарний знак.

Ключові слова: інженерний дизайн; проектування, технологічне забезпечення, робот-трактор; точне землеробство.

ЗМІСТ

ЗМІСТ	4
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ АВТОНОМНИХ РОБОТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА.....	7
1.1 Сучасні тенденції та перспективи роботизації у сільському господарстві.	7
1.2.1 HortiBot.....	11
1.2.2 OZ Weeding Robot та Dino.....	14
1.2.3 BoniRob	16
1.2.4 AgBot II.....	19
1.2.5 проекти RИРРА та VИРРА.....	22
1.2.6 Thorvald II.....	23
1.2.7 Порівняння характеристик існуючих аналогів	26
1.3 Нові матеріали та технології, необхідні для створення робота-трактора .	27
1.4 Прогнозування стартапу.....	28
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНКИ ПРОЕКТНИХ ПАРАМЕТРІВ FLIBot	32
2.1 Концепція автономного електричного трактора FLIBot.....	32
2.2 Системи і технології інформаційні підтримки проекту	35
2.3 Обґрунтування основних технічних параметрів FLIBot.....	38
2.4 Розрахунок та моделювання основних параметрів FLIBot як транспортного засобу.....	39
2.5. Розробка корпусу робота.....	58
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИГОТОВЛЕННЯ МАКЕТУ FLIBot	63

3.1 Базові технології виготовлення	63
3.2 Виготовлення прототипу	71
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ FLIBot.....	87
4.1 Опис ідеї проекту	87
4.2 Технологічний аудит ідеї проекту.....	88
4.3 Аналіз ринкових можливостей стартап-проекту	89
4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту	95
4.5 Маркетингова програма стартап-проекту	98
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	100
Список використаної літератури	101
ДОДАТКИ.....	105
Додаток А. Технологія виготовлення макету.....	106
Додаток Б. Матеріали заявки на корисну модель	115
Додаток В. Матеріали презентації.....	120

ВСТУП

Машинобудування забезпечує сільське господарству усією необхідною технікою, від мотоблоків, до великих комбайнів. В останні роки все більш помітні тенденції до більшого проникнення інформаційних технологій до сільського господарства і цей принцип ведення господарства отримав назву «точне землеробство». Проте ще досі не існує серійного зразка сільськогосподарської техніки, яка б відразу, сходячи з конвеєра заводу, відповідала сучасним запитам сільського господарства.

Отже мету цієї роботи можна сформулювати як створення нової інтелектуальної автономної сільськогосподарської платформи. У даній роботі буде розглянутий варіант виконання, пристосований до обприскування та зрошування рослин, так як обладнаний баками для рідини, та знімною поливальною штангою, яка є стандартною. Проте, концепція універсальної платформи передбачає, що представлений робот-трактор обладнаний стандартними вузлами кріплення для сільськогосподарської техніки, що дозволить навісити вже готові інструменти.

Об'єктом дослідження є процес пошуку дизайну і технічного рішення перспективного робота-трактора для зрошування у сільському господарстві, а предметом є екстер'єр та компоновка перспективного робота-трактора для зрошування у сільському господарстві. В даній роботі буде вивчений стан сучасного сільського господарства, та зокрема точного землеробства, вивчені існуючі на сьогоднішній день проекти сільськогосподарських роботів, сформовані технічні характеристики, які необхідні роботу-трактору, визначені необхідні для реалізації проекту технології, спроектований безпосередньо робот-трактор, а також його зменшений прототип, який буде побудовано, та розроблений стартап-проект.

РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ АВТОНОМНИХ РОБОТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

1.1 Сучасні тенденції та перспективи роботизації у сільському господарстві

Сучасне людство все більше прямує до економії ресурсів, а у сільському господарстві головною концепцією, що призвана зберігати ресурси, є точне землеробство. В усьому світі господарства переходять на новітній спосіб вирощування рослинних культур, що дають більші врожаї при економії води та добрив. Проте, ринок спеціальної сільськогосподарської техніки, що відповідає запитам точного землеробства, ще не насичений серійними зразками.

Основні функції робота-трактора будуть визначені у відповідності до принципів точного землеробства.

«В основі наукової концепції точного землеробства лежить поняття про існування неоднорідностей в межах одного поля. Для оцінки та визначення цих неоднорідностей використовуються новітні технології, такі як системи глобального позиціонування, спеціальні датчики, аерофотознімки і знімки з супутників. Для аналізу та обробки отриманої інформації використовуються спеціальні програми для агроменеджмента на базі геоінформаційних систем (ГІС). Дана концепція вимагає обов'язково брати до уваги локальні особливості ґрунту (інформація про кількісну та якісну оцінку родючого шару), кліматичні умови.» [1]

Точне землеробство дозволяє поліпшити стан полів і агроменеджмент у декількох напрямках [2]:

- агрономічне: з урахуванням реальних потреб рослинної культури в добривах удосконалюється агровиробництво;
- технічне: здійснюється більш раціональне використання часу на рівні господарства (зокрема поліпшується планування сільськогосподарських операцій);
- екологічне: скорочується негативна дія сільгоспвиробництва на навколишнє середовище (точніша оцінка потреб культури в добривах приводить до обмеження застосування і розкидання азотних добрив);
- економічне: зростання продуктивності і скорочення витрат підвищують ефективність агробізнесу (зокрема скорочуються витрати на внесення азотних добрив).

Виходячи з цього наша концепція застосування системи автономних роботів-тракторів, як одного з елементів системи точного землеробства, полягає у наступному (див рис. 1.1).

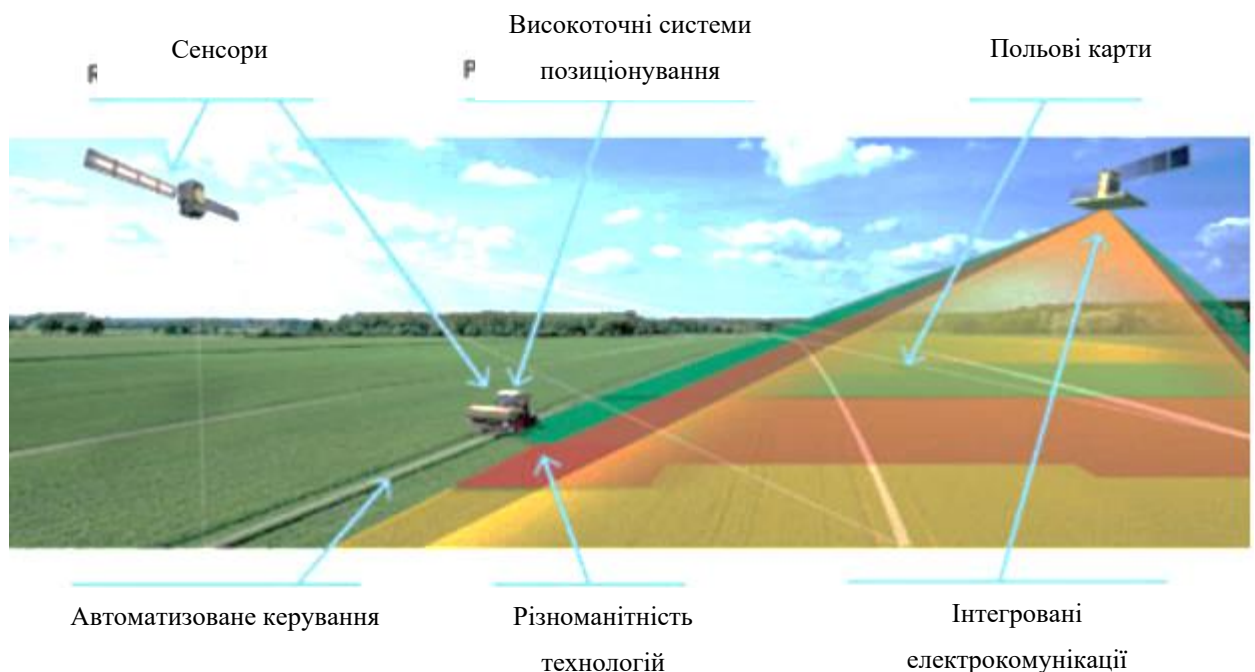


Рисунок 1.1 – технології, на яких будується точне землеробство (джерело – <https://www.arcweb.com/blog/iot-steps-smart-farming-precision-agriculture>)

Велика кількість невеликих роботів буде краще виконувати задачі точного землеробства. При чому декілька роботів зможуть виконувати різні роботи одночасно. Для задач збору інформації немає необхідності у важких повнорозмірних тракторах, для цієї задачі краще підходять невеликі роботи. При цьому декілька невеликих роботів зможе замінити трактор при виконанні усіх операцій від прополювання до збору врожаю [3].

Такі роботи мають стати частиною системи, що складається із станції (стаціонарної, або рухомої) та роботів-сателітів. У станції буде проводитись навішування обладнання, регулювання ширини колії та кліренсу роботів, заміна та зарядка акумуляторів, заправка водою, добривами, тощо. Крім того центральна станція повинна виконувати роль координаційного та дослідного пункту, який збирає та передає інформацію до окремих роботів.

В Україні були проведені експерименти, щодо ефективності точного землеробства. Так як концепція точного землеробства не є темою даної роботи, то приведемо лише короткі висновки з відкритих джерел. Так, в якості основного результату експерименту 2013 року, відмічається економія добрив, правильний розподіл норм внесення та підвищення врожайності, при використанні лише агронавігатора з підтримкою польових карт, GPS антени, а також розкидача добрив та оприскувача за можливістю диференційного внесення [4]. Також відомий досвід господарства, що повністю перейшло на точне землеробство. Один із наведених ними прикладів – переобладнання стандартної техніки (вартість переобладнання становить 35000 доларів США), доступне навіть невеликим господарствам, окупається за один рік (економічний ефект – 30000 40000 доларів США) [5]. Проте, це лише одна з технологій точного землеробства, до яких відносяться також і автопілоти, системи паралельного водіння та інші. Як відмічається у тому ж джерелі дві з трьох проблем переходу на точне землеробство це відсутність необхідних техніки із технологіями та відсутність системності – переобладнання техніки можливе, проте це додаткові затрати.

Поява на ринку доступного робота-трактора дозволила б перейти на точне землеробство без переобладнання старої техніки, так як він відразу, сходячи з конвеєра, здатний проводити дослідження поля, читати складені по них польові карти, та проводити диференційну обробку, використовуючи різне технологічне обладнання.

Автономний робот-трактор повинен бути здатним обробляти невелику ділянку землі, порівняну із площиною, яку займає окремо узята рослина. Для забезпечення його автономності необхідне обладнання системою GPS (*Global Position System*), за допомогою якої робот буде орієнтуватися у просторі. Крім того йому необхідні інструменти для аналізу ґрунту, у випадку застосування його як платформи, що проводить попередній аналіз поля, або його обробку, а також інструменти для визначення типів рослин.

В якості цільової рослинної культури було обрано ріпак. Це дозволило визначити ширину колії та кліренс між землею та найближчою частиною робота-трактора. Крім того було висунуто вимоги до встановлюваного обладнання – наявний на ринку України оприскувач та здатність перевозити запас 200 літрів робочої рідини.

Так як робота на полі пов'язана із важкими умовами, то частині компонентів трактора необхідний захист від температур у певному діапазоні температур (-5 – 40°C), а також від пилу, дощу та протічок робочої рідини. Крім того до тракторів висуваються вимоги по надійності та придатності до ремонту. Проте, так як робот-трактор має відносно невеликі габарити і вагу, то у разі поломки його можна евакуйовати з поля для подальшого ремонту.

Модульність конструкції дозволить використовувати робот-трактор для більш широкого спектру задач. Наприклад, бокові модулі можна кріпити до різних центральних частин, одна з яких буде використовуватися для поливу, а інша для збору врожаю. У першому випадку центральна частина буде містити в собі баки для води та кріплення оприскувача. У другому ж випадку необхідним обладнання будуть контейнер для врожаю, та маніпулятори для його бору і складання.

Так як концепція точного землеробства не передбачає однорідної обробки усього поля, то малий розмір та низькі тяглові характеристики робота-трактора не стануть завадою для його використання. На сьогоднішній день аналоги можуть застосовуватися у якості групи тракторів, що оброблюють одне поле. Що дозволяє обробляти ґрунт за той самій проміжок часу, що і один традиційний трактор, але із урахуванням потреб групи рослин, або окремо узятої рослини.

1.2 Перспективні роботизовані системи в сільському господарстві

На сьогоднішній день існують кілька закордонних проектів сільськогосподарських роботів. Найбільш відомі з них це роботи-трактори *HortiBot* [6], *BoniRob* [6], *AgBot* [6], *OZ Weeding Robot* [6], роботизована агросистема Thorvald [7], та інші. Частина з них направлена на виконання вузькоспеціалізованої задачі, як, наприклад, збирання полуниці. Такі роботи у даному розділі аналізуватись не будуть, так як ставиться задача розробити багатофункціональний робот-трактор. Будуть розглянуті найближчі аналоги за конструкцією, або функціоналом.

1.2.1 HortiBot

HortiBot (див. рис. 1.2) – розробка Орхуського університету 2007 року. Являє собою переробку радіокерованої газонокосарки у автономного робота [8]. Має габарити приблизно 915x915x920 мм, може обертатися навколо власної осі та використовує систему геопозиціонування GPS (*Global Position System*). Здатний ідентифікувати 25 видів шкідливих рослин та знищувати їх. Здатний видаляти рослини механічним шляхом, оббризуванням отрутою, випаленням полум'ям, або лазером. Так як розбризкує гербіциди точно над бур'янами, то знижується їх витрати на 75%. Маса близько 250кг. [9]

Пересувається за допомогою гідромоторів. [10] На даний час залишається у вигляді прототипу.



Рисунок 1.2 – автономний робот HortiBot (джерело – <http://www.agribusiness.com.pk/robot-farm-workers-take-to-the-fields/>)

Так як *HortiBot* побудований на базі існуючої платформи, то було проаналізовано конструкцію газонокосарки *Spider ILD001*.

Як можна побачити із наведеної фотографії, рама *HortiBot* (див. рис. 1.3) складається із листового гнутого металу. Частина елементів виконана у вигляді прямокутного профілю, за виключенням місця кріплення інших елементів. Усі з'єднання – болтові. Кожухи виготовлені методом деформації листового металу. Через наявність пилу та бруду всередині робота (на наведеній фотографії корпус знятий) – захист від вологи та пилу

встановлюється лише на ті компоненти, що його потребують. Так, на фото видно два пластикових корпуси, що захищають електронні компоненти, найближча ж плата відкрита для обслуговування, при чому видно нижню частину захисного корпусу.

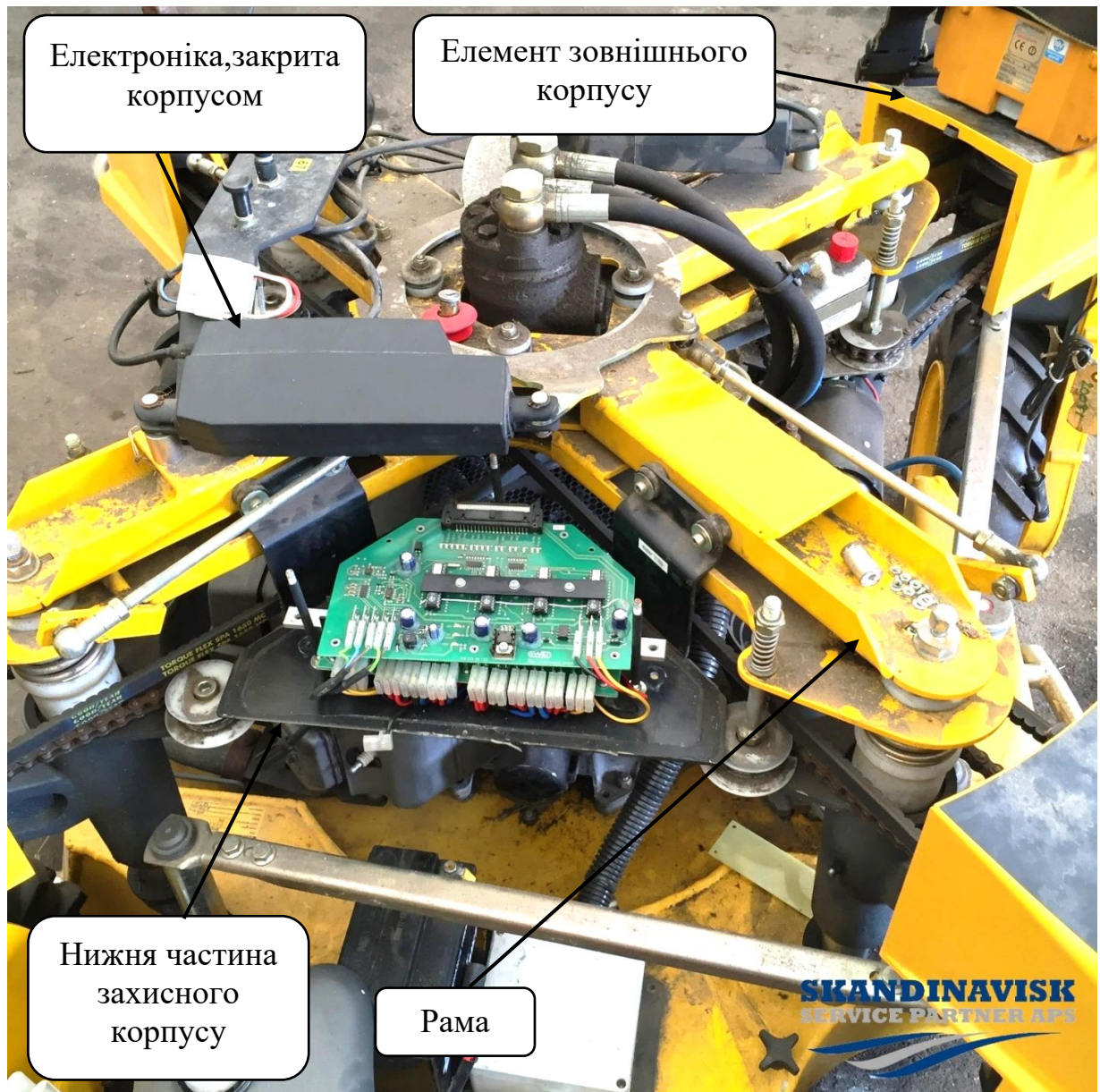


Рисунок 1.3 – HortiBot із знятим кожухом (інтернет-джерело не вдалося ідентифікувати)

1.2.2 OZ Weeding Robot та Dino

OZ Weeding Robot (див. рис. 1.4) – створений *NAÏO TECHNOLOGIES*, на даний момент знаходиться у виробництві [11]. Має три моделі керування – ручна, слідування маршруту та рух за об’єктом і повністю автономний режим. Здатний працювати у автономному режимі від 3 до 10 годин із можливістю швидкої зміни акумуляторів (менше 5 хвилин). Перед початком роботи необхідно тренувати від 3 годин. Може працювати у діапазоні температур від 5°C до 40°C. Максимальний допустимий нахил – 10%. [11]



Рисунок 1.4 – автономний робот *OZ Weeding Robot* (джерело – https://www.roboticsbusinessreview.com/agriculture/naio_technologies_agribotics_startup_raises_3-2m/)

Робот обладнаний чотирма ведучими колесами, кожен приводиться у рух двигуном потужністю 110Вт, проте вони не мають змоги обертатися, тому робот повертає, змінюючи швидкість обертання окремих коліс.

У вільному доступі відсутні фото цього робота із знятою обшивкою, проте, так як габарити робота невеликі, можна припустити, що в нього несучий корпус. У конструкції робота широко використовується листовий метал, що можна побачити на рисунку 1.5.



Рисунок 1.5 – автономний робот *OZ Weeding Robot* _джерело – <http://www.fieldrobot.com/event/index.php/demo/>)

Крім того *NAÏO TECHNOLOGIES* повідомили про розробку агрокультурного робота *Dino* (див. рис. 1.6) для автономної роботи на повномасштабних фермах [12]. Цей робот розроблений згідно до принципів, якими керувалися розробники при роботі над *OZ*, та був адаптований до

потреб великих ферм та обробки овочевих культур і підвищення продуктивності та якості овочів при зниженні використання хімікатів [13].



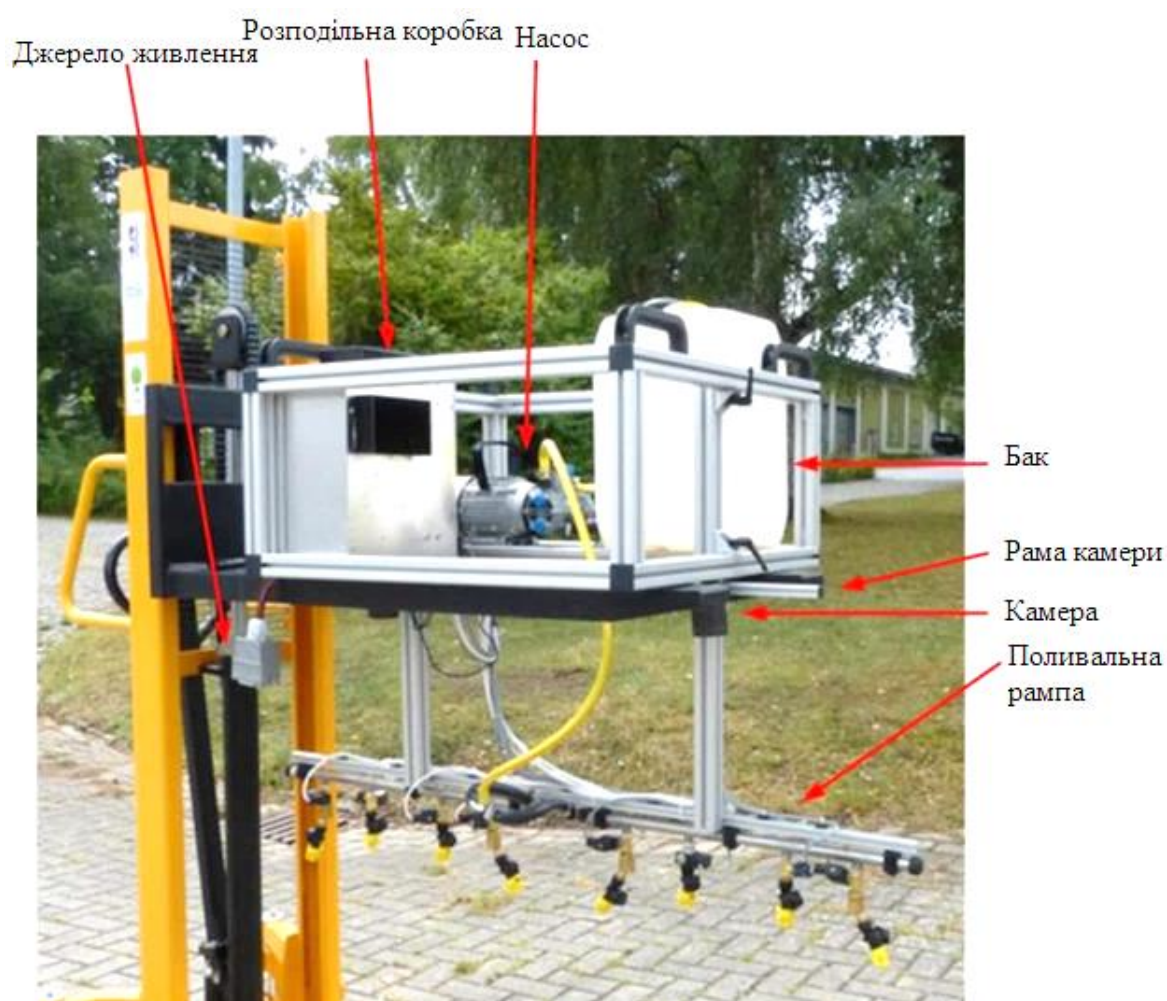
Рисунок 1.6 – автономний робот Dino (джерело – <https://www.naio-technologies.com/en/agricultural-equipment/large-scale-vegetable-weeding-robot/>)

1.2.3 BoniRob

BoniRob (див. рис. 1.7) – розробка *Deepfield Robotics (Bosch)* [14]. Багатоцільовий агро-робот із змінним навісним обладнанням, здатний керувати всіма колесами та рухатись у будь-якому напрямку. Для руху використовує електродвигуни, при необхідності батареї можуть бути заряджені за допомогою власного генератора. Був представлений дослідний зразок, що знищував бур'ян шляхом вбивання у ґрунт [14].



Рисунок 1.7 – автономний робот BoniRob (джерело – <https://www.hs-osnabrueck.de/de/nachrichten/2015/10/feldroboter-bonirob-der-bundestkanzlerin-vorgestellt/>)

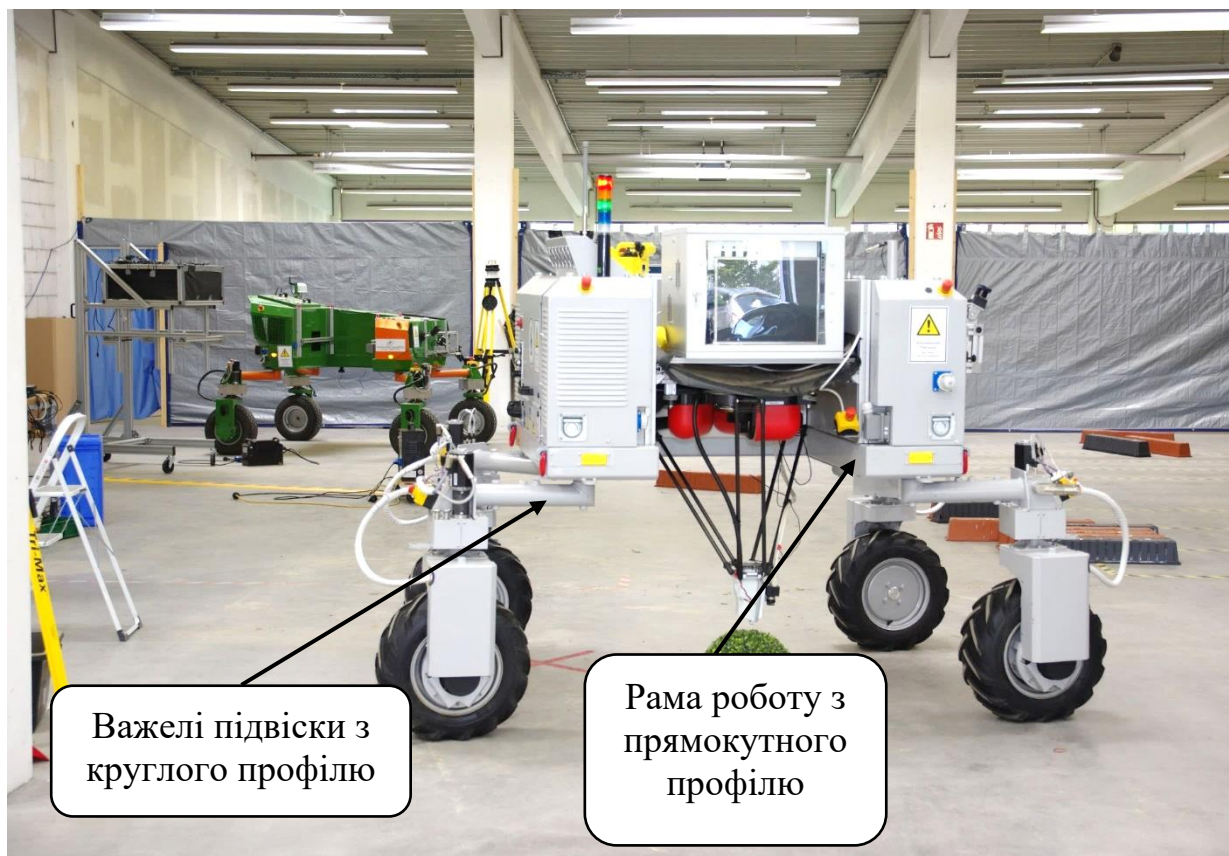


*Рисунок 1.8 – Навісне обладнання BoniRob
(інтернет-джерело не вдалося ідентифікувати)*

BoniRob від Bosch частково побудований із стандартного алюмінієвого профілю, що забезпечує простоту його збирання та можливість модернізації.

Крім того, виготовлення рами для навісного обладнання із того ж самого профіля забезпечує просту інсталяцію обладнання на робота.

Нижня частина рами робота зібрана із прямокутного профілю більшої товщини і забезпечує міцність конструкції.



Важелі підвіски з
круглого профілю

Рама роботу з
прямокутного
профілю

*Рисунок 1.9 – добре видно важелі підвіски BoniRob (джерело –
<https://www.ke-next.de/industrie-forschung/forschung/einfaches-unkraut-jaeten-mit-dem-roboter-398.html>)*

Важелі підвіски виконані зварними із круглих в перетині труб.

Так само, як і у аналогів обшивка робота виконана із гнучкого листового металу. Між собою деякі листи зварені, а уся обшивка кріпиться до рами за допомогою заклепок.



Рисунок 1.10 – добре видно заклепки обшивки (джерело – <http://aggeek.net/ru/technology/id/novyj-bonirob-umeet-otlichat-sornjaki-ot-selskoho-zajstvennyh-kultur-215/>)

1.2.4 AgBot II

AgBot II (див. рис. 1.11) – розробка Квінслендського технологічного університету, що фінансується квінслендським урядом [15]. Сільськогосподарський робот, що призначений для робіт у складі групи автономних роботів. Обладнаний камерами, сенсорами та іншою електронікою, що дозволяє йому орієнтуватись на полі. Здатний знищувати бур'яни як механічно, так і хімічно. Завдяки низькій масі ущільнення ґрунту

менші, ніж при використанні традиційних тракторів. Знаходиться на стадії розробки з 2013 року, у 2015 році створений прототип. [16]



Рисунок 1.11 – автономний робот AgBot II (джерело – <https://www.youtube.com/watch?v=15tovWSnJe0>)

AgBot II створений на власній платформі, основу якої складає сталева просторова конструкція.



Рисунок 1.12 – Структура рами центрального модулю AgBot II (джерело – <https://www.youtube.com/watch?v=Z5whrF4SDes>)

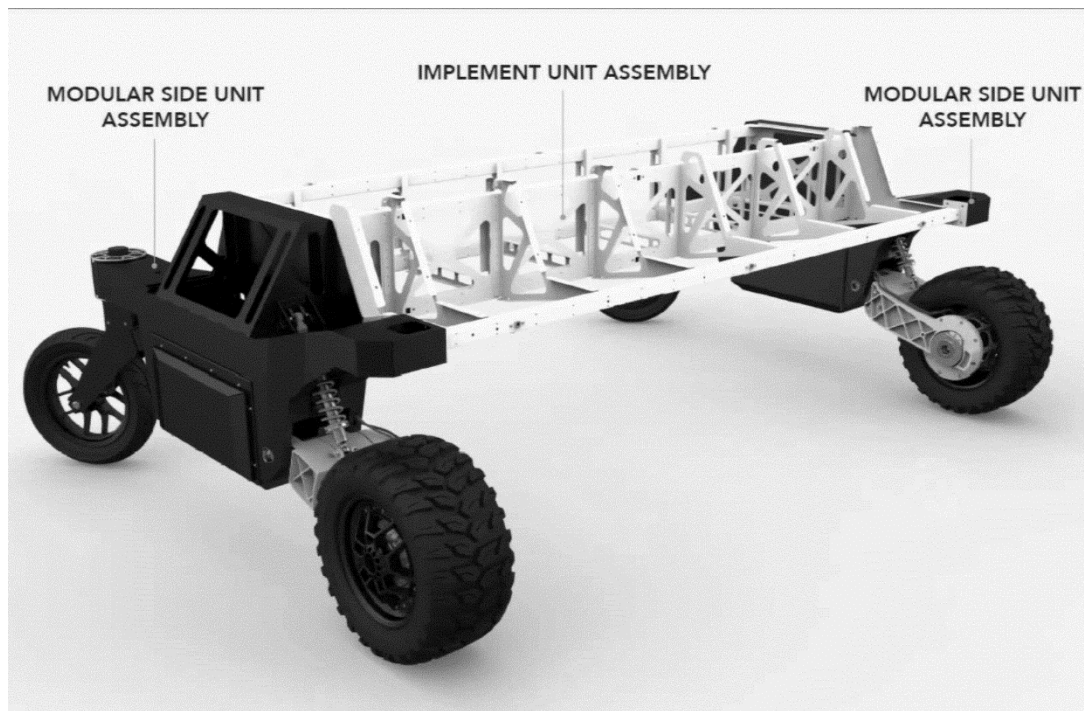


Рисунок 1.13 – Конструкція AgBot II (джерело – <https://www.youtube.com/watch?v=Z5whrF4SDes>)

Основні направляючі центрального модуля виконані із прямокутного профілю. Поперечні елементи, що підвищують жорсткість модулів виготовлені із листового металу, в якому виконані вікна полегшення, методом

лазерної різки. Елементи рами з'єднуються між собою за допомогою зварювання. Обшивка, також виконана із листового металу, попередньо порізаного та вигнутого, закріплюється на модулі за допомогою заклепок.

Бічні ж модулі робота AgBot II, на відміну від центрального, не містять у собі прямокутних профілів. Силова конструкція повністю набрана із листового металу, вирізаного за допомогою лазера. Між собою пластини з'єднуються за допомогою зварювання. Обшивка бокового модуля є частиною силової конструкції і також приварена.

Доступ до відповідальних компонентів, розташованих всередині робота, відкривається через люки, що відкриваються на навісах.

Важіль підвіски ведучих коліс виконаний із литого металу, із подальшою обробкою різанням. До цього важеля кріпляться кронштейн амортизатора, виконаний із металу, обробленого різанням, та електропривід колеса.

Важіль неведучого колеса виконаний із гнутого листового металу, так як на ньому встановлюється лише неведуче опорне колесо.

1.2.5 проекти RIPPA та VIIPA

RIPPA та *VIIPA* (див. рис. 1.14) – проекти Австралійського центру польової робототехніки [17]. *RIPPA* – *Robot for Intelligent Perception and Precision Application* (робот для інтелектуальної оцінки та точного застосування) – був у розробці приблизно три роки та включає у себе *VIIPA* – *Variable Injection Intelligent Precision Applicator* (інтелектуальний точний аплікатор із змінним розбризкуванням), що монтується на *RIPPA* та розпилює на бур'яни мікро дози. Базується на більш ранній розробці *Ladybird*. Вихідну платформу змінили, щоб зробити її більш легкою, міцною та простою у керуванні. Як і *Ladybird* оснащений сонячними панелями, у автономному режимі, без використання сонячних панелей здатний працювати до 10-12 годин [17, 18].



Рисунок 1.14 – автономний робот RIPPA (джерело – <https://www.engineersaustralia.org.au/portal/news/sydney-uni-unleashes-rippa-weed-killer>)

1.2.6 Thorvald II

Thorvald II (див. рис. 1.15) – проект Saga Robotics, являє собою систему, що складається з декількох модулів, що можуть бути з'єднані різними шляхами для створення різноманітних варіантів роботів. Модулі з'єднуються за допомогою простих механічних та електричних з'єднань, що дозволяє зібрати робота використовуючи простий ручний інструмент. Модулі *Thorvald II* можна використовувати для роботи у різноманітних умовах від оранжерей до відкритих полів [19, 20].



*Рисунок 1.15 – декілька прикладів роботів, зібраних з модулів Thorvald II
(джерело – <http://www.mdpi.com/2218-6581/6/4/24/htm>)*

Рама робота виконана з алюмінієвих труб, на якій є спеціальні замки для кріплення модулів і що може бути виготовлена а замовлення будь якої конфігурації. Акумуляторний відсік з батареєю на 70Аг, або двома на 35Аг на 48В, що також має відсік для електроніки та комп'ютера. Для роботи необхідний лише один такий модуль, якщо ж встановлюється більше, то один з них становиться головним, що керує іншими, також на ньому розташований ключ вмикання та вимикання робота, та кнопка аварійного вимкнення. Приводний модуль обладнаний 500Вт електромотором, що з'єднаний з двоступінчастою планетарною коробкою швидкостей, на вихідному валу якої встановлено колесо. Ходовий модуль з'єднується із рульовим, або акумуляторним. Рульовий модуль використовується для покращення маневрених характеристик, дозволяє рухатися роботу у будь-якому напрямку і обладнаний електромотором та двоступінчастою коробкою швидкостей, на виході з якої розташований фланець кріплення ходового модуля. Окремим модулем є підвіска, яка використовується тоді, коли необхідно покращити контакт коліс із поверхнею. Також передбачений модуль з неведучим колесом,

коли не потрібен робот із всіма ведучими колесами. Окремий модуль містить у собі усі необхідні сенсори та обладнання для орієнтування [19].

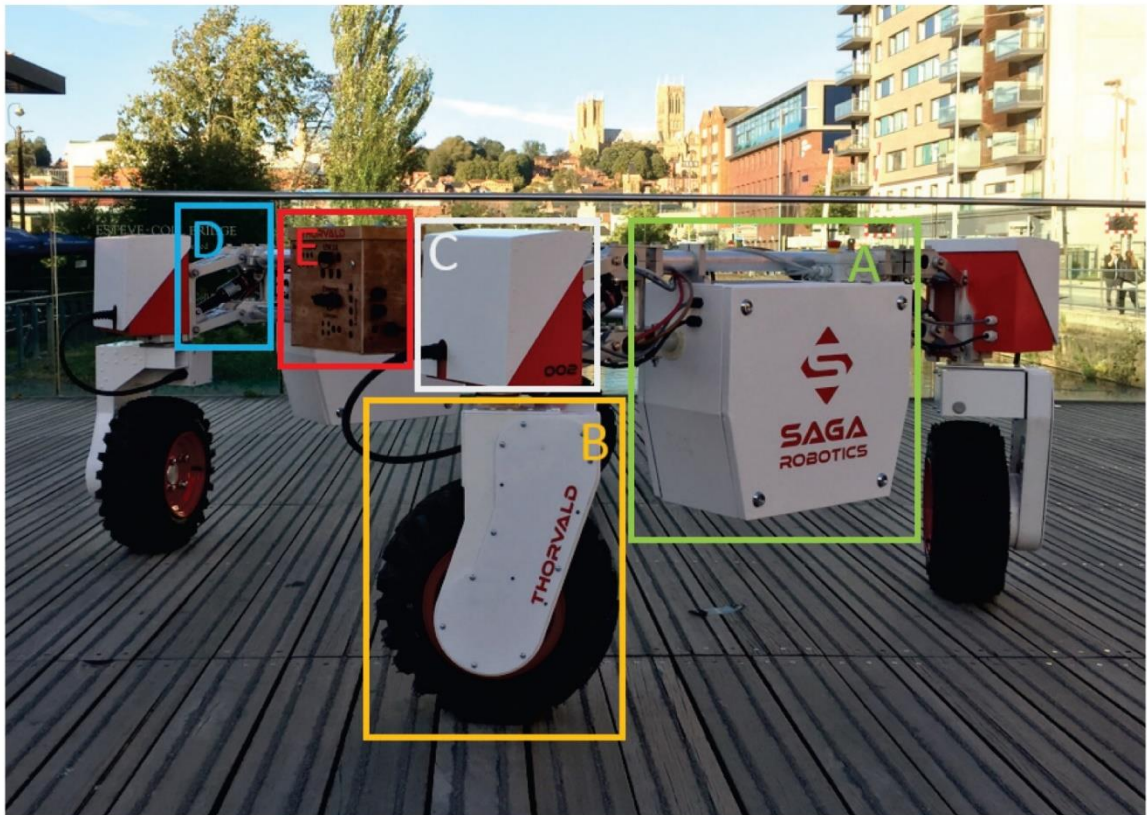


Рисунок 1.16 – приклади модулів Thorvald II: A – батарейний відсік, B – ходовий модуль, C – рульовий модуль, D – модуль підвіски, E – прототип модуля для сенсорів та інтерфейсів (джерело – <http://www.mdpi.com/2218-6581/6/4/24/htm>)

На офіційному сайті *Saga Robotics* представлено три серії роботів, що складаються з означених вище модулів: W, C та R. W-серія позиціонується як робоча платформа, що здатна виконувати роботи на полі, представлена роботами із двома або чотирма ведучими колесами у варіантах з рульовими модулями, або без них. У випадках, коли рульові модулі не встановлюються, робот повертає за рахунок різниці обертання коліс на різних бортах [21]. C- та R-серії це компактні роботи для роботи у обмеженому просторі, наприклад, теплиці, та дослідницькі роботи відповідно.

1.2.7 Порівняння характеристик існуючих аналогів

На даний час за доступними джерелами вказані роботи є найкращими. У табл. 1.1 наведено їх порівняльну характеристику.

Таблиця 1.1

Порівняння основних параметрів автономних роботів

Назва	Габарити Д.хШ.х, мм.	Маса, кг	Тип приводу	Модульніс ть	Змінні інструмент и
<i>HortiBot</i>	915x915x920	200-300	Гідро	Так	Так
<i>OZ</i>	1000x400x600	110-150	Електро	Ні	Так
<i>BoniRob</i>	2800x2400x2200	1100	Електро	Ні	Так
<i>AgBot II</i>	2000x3000x1400	~600[6]	Електро	Так	Так
<i>RIPPA ma VIPPA</i>	1500x2000x1250	~750	Електро	Ні	Ні
<i>Thorvald II</i>	-	-	Електро	Так	Так

Для платформи *Thorvald II* не вказані габарити та маса, так як з набору модулів цього проекту можна збирати роботів різних конфігурацій, означені характеристики яких можуть значно відрізнятися.

Як можна побачити, більшість з існуючих аналогів використовують електропривід та змінні інструменти. Використання гідроприводу у зв'язці з двигуном внутрішнього згоряння у роботі *HortiBot* обумовлена тим, що була використана готова газонокосарка в якості базової платформи. Більшість роботів (за винятком тих, що направлені на виконання вузькоспеціалізованої задачі) передбачають використання ряду різних інструментів. Також більшість наведених прикладів ще знаходяться на стадії розробки, або підготовки до виробництва. Окрім них існують вузькоспеціалізовані роботи, що вже вийшли на ринок. Найбільш прогресивною виглядає платформа *Thorvald II*, так як дозволяє будувати

роботів різних конфігурацій, проте, обмежуючим фактором є навантаження на ходовий модуль, що не має перевищувати 2.5кН [19].

1.3 Нові матеріали та технології, необхідні для створення робота-трактора

Для визначення матеріалів та технологій необхідно визначити складові машини, та функції, які вона виконує. Робот-трактор FLIBot складається з центрального та ходових модулів. Він повинен бути автономним, вміти без керування людиною орієнтуватися та переміщатися по полю, проводити обробку рослин. Механізм регулювання ширини необхідний для пристосування одного трактора до обробки різних рядків із рослинами, без застосування додаткових інструментів та заміни деталей. У даній роботі розглядатиметься лише робот, що проводить полив рослин, та розбризкування добрив. У перспективі цю платформу можна використовувати для аналізу стану ґрунту, передпосівної обробки поля, висаджування рослин, догляду за ними, збору врожаю.

Центральний модуль повинен складатися із рами, до якої будуть кріпитися усі інші елементи, обшивки, яка захищає усі системи, та місця кріплення бокових модулів та обладнання. Також у центральний модуль, що розглянутий у даному проекті, встановлюються наступні системи та елементи: баки, електронні системи навігації та керування.

Ходовий модуль повинен складатися із рами, до якої будуть кріпитися усі інші елементи, обшивки, яка захищає усі системи, колісних стоек із механізмами їх повороту, коліс з моторами, та системи регулювання ширини колії. Крім того у ходовий модуль встановлюються акумулятори, що живлять всього робота.

Матеріали, з яких буде побудовано робота повинні бути міцними, дешевими та технологічними у виробництві. Крім того повинні забезпечувати невелику вагу.

Для виготовлення рам центрального та бічного модулів використовувати метали, або композитні матеріали.

1.4 Прогнозування стартапу

Проект робота-трактора орієнтований для збуту в країнах, в яких розвинуте, та широко застосовується, точне землеробство. На сьогоднішній день це країни Європи, США, Австралія, а також Канада і Бразилія. Крім того покупцями робота, який описується у даній роботі будуть великі фермерські господарства. Для цього існує декілька причин. По-перше *FLIBot* не є компактним роботом, тому використання його у домашньому господарстві не буде зручним. А по-друге, високотехнологічний робот не може бути дешевим, через вартість складових, з яких він складається та технологій, які необхідні для його виробництва та застосування.

Проте, зараз спостерігається чітка тенденція переходу фермерства до точного землеробства. Її можна продемонструвати на прикладі рисових ферм, в порівнянні статистики за 2006 і 2013 роки, дослідження проводилося Департаментом сільського господарства США (див. рис. 1.17) [22]. Так порівнювалися: моніторинг врожайності, застосування карт врожайності, GPS-карти властивостей ґрунту, системи керування, застосування систем для неоднорідного внесення добрив. Так кількість ферм, що використовувала моніторинг врожайності зросла на 31%, тих, що застосовували карти врожайності – на 9%, використання карт властивостей ґрунту виросло на 5%, поширеність систем керування – на 29%, неоднорідне внесення добрив стало на 12% більш поширеним. Найбільш широко вживані технології – це моніторинг врожайності та системи керування, так як вони є самими простими і дешевими технологіями, які також поширюються і в Україні. Найбільший приріст спостерігається у застосування систем для неоднорідного внесення добрив – за 7 років кількість ферм, що використовують цю технологію, зросла

у 4 рази. Це пояснюється тим, що навіть при значній вартості вони дозволяють значно зекономити ресурси.

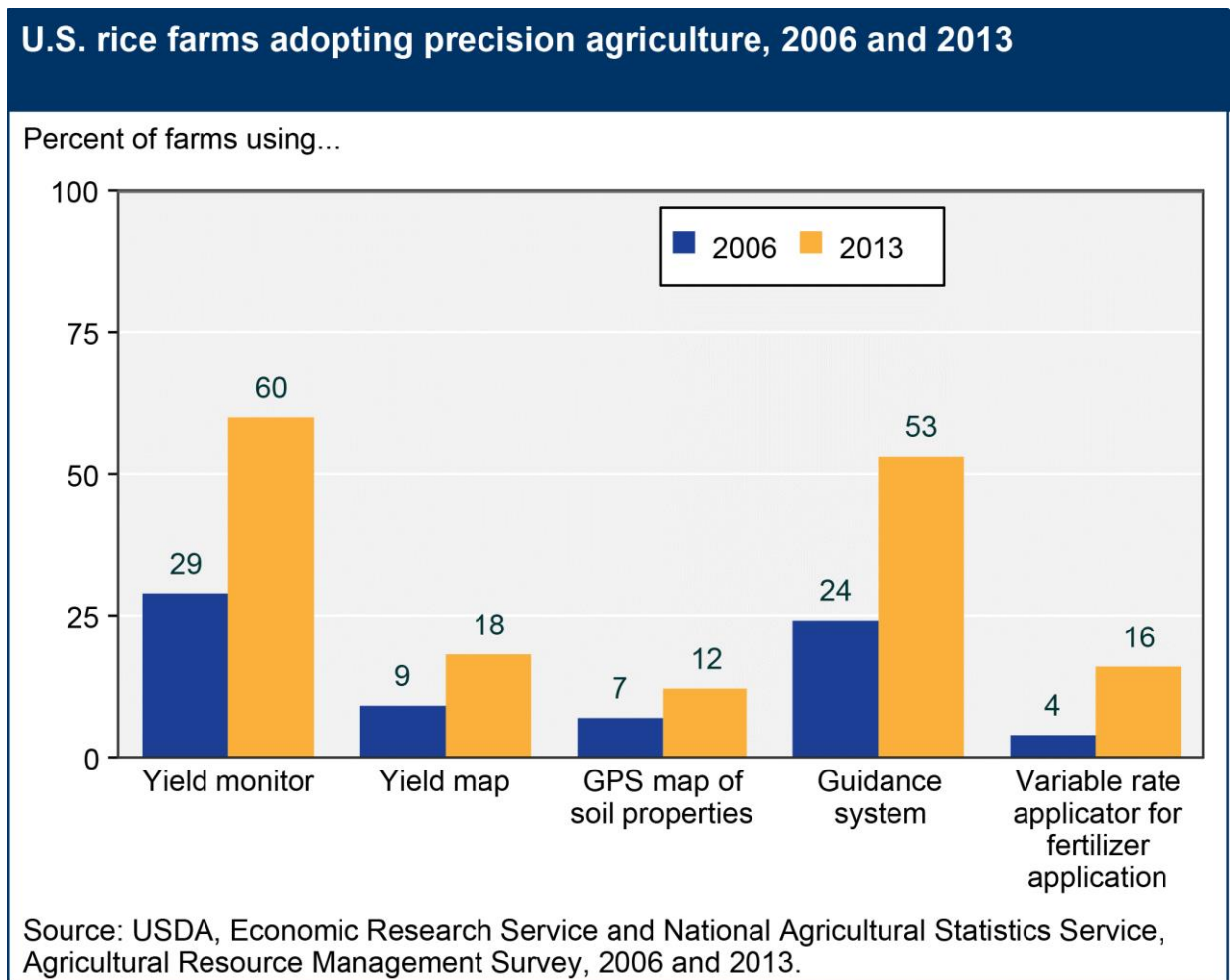


Рисунок 1.17 – Статистика використання технологій точного землеоброблення (джерело – <https://www.ers.usda.gov/data-products/chart-gallery/gallery/chart-detail/?chartId=78088>)

Ще одним сприятливим фактором для старту є відсутність конкурентів на ринку. На даний момент, серед розглянутих роботів, можна придбати лише *OZ Weeding Robot*, проте, він не є прямим конкурентом до *FLIBot*, так як вони націлені на різних кінцевих споживачів. Продукт *NAÏO TECHNOLOGIES* не здатний обробляти поля і пристосований до роботи на невеликих грядках та у теплицях, а

представлений нами робот не зможе виконувати ці функції, тому фактично вони не є конкурентами.

Але існує певна кількість потенційних конкурентів – роботів, які пристосовані до виконання тих самих задач, що і *FLIBot*. Проте на даний момент невідомі їх точні характеристики.

Висновки по розділу

Із наведеної інформації можна зробити висновок, що ринок агрокультурних роботів, та роботів-тракторів, на даний момент ще повністю не сформувався. Проте, як показує статистика, все більше зростає поширеність точного землеробства, згідно до вимог якого розроблюються роботи. Більшість із роботів на даний момент залишаються у стані розробки, і жоден із прямих конкурентів ще не вийшов на ринок. Тому існує можливість вийти на ринок раніше, ніж конкуренти.

Згідно з цим метою дипломної роботи обираємо створення сільськогосподарського робота-трактора, який відповідає вимогам точного землеробства.

Об'єкт дослідження – процес пошуку дизайну і технічного рішення перспективного робота-трактора для зрошування у сільському господарстві.

Предмет дослідження – екстер'єр та компоновка перспективного робота-трактора для зрошування у сільському господарстві та його функціональні й технічні характеристики.

Задачі дослідження:

1. На основі аналізу ринку й наявних технічних рішень робота-трактора для зрошування у сільському господарстві розробити нове концептуальне рішення.

2. Розробити дизайн екстер'єру та компоновку робота-трактора для зрошення у сільському господарстві та визначити його основні функціональні й технічні характеристики.

3. Створити й дослідити макет прототипу нового робота-трактора для зрошення у сільському господарстві.

4. Підготувати пропозицію стартап-проекту для ринку роботів-тракторів для зрошення у сільському господарстві.

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНКИ ПРОЕКТНИХ ПАРАМЕТРІВ FLiBot

2.1 Концепція автономного електричного трактора FLiBot

Концепція автономного трактора витікає із концепції його застосування, описаної у попередньому розділі. Робот повинен бути гнучким у використанні, мати менші габарити, ніж трактори загального призначення, що зараз розповсюджені у сільському господарстві. Проте, звичність людей до великогабаритної техніки призведе до неприйняття компактних роботів, тому перший варіант робота необхідно створювати, орієнтуючись на стандарти рядків, що прийняті у сьогоденному господарстві. Так як для різних культур ширини рядків відрізняються, то необхідно передбачити можливість регулювання ширини колії та висоти робота. Така концепція може передбачати створення робота приблизно такого вигляду, як показано на рис. 2.1.

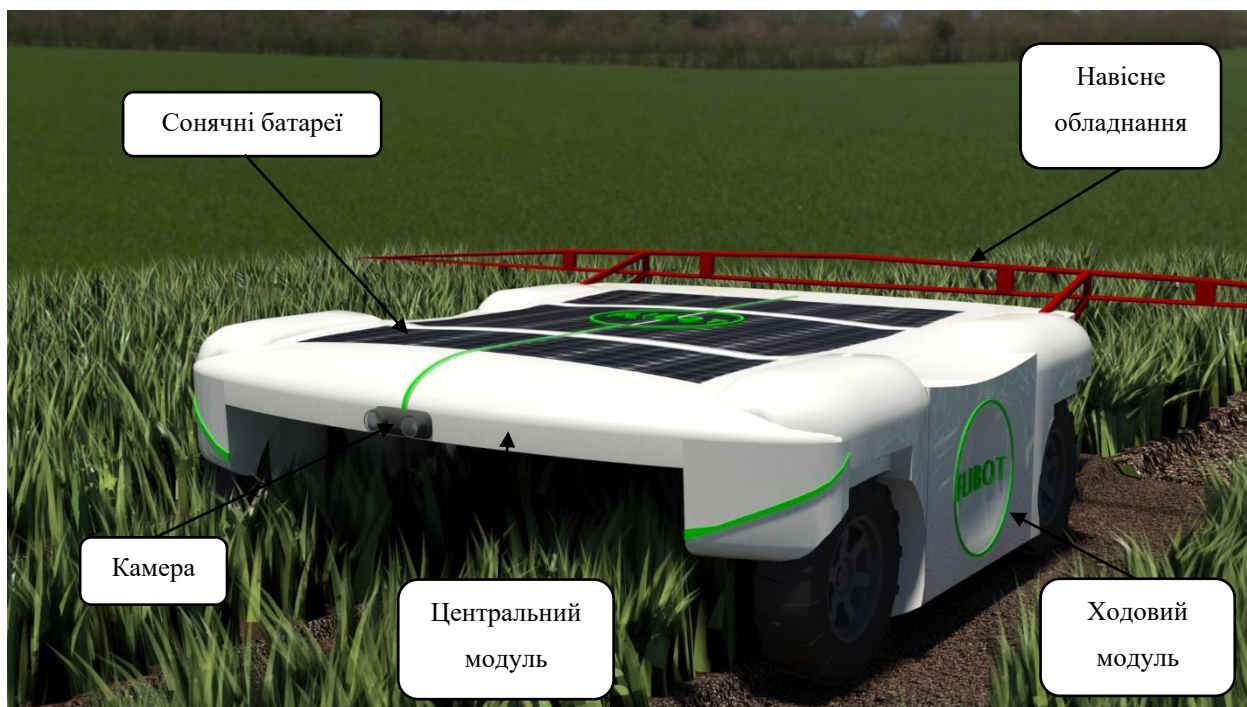


Рисунок 1.1 Концептуальний вигляд робота-трактора

Універсальність робота передбачає встановлення різного навісного обладнання. Так робот повинен мати можливість збирати дані про поле та рослини (включаючи їх розпізнавання) за допомогою камер різного призначення. Зібрана інформація повинна бути оброблена та переведена у польові карти, які робот повинен мати змогу читати (дана технологія у сільському господарстві існує і використовується на даний момент). Для орієнтації на полі робот повинен сприймати дані від маячків, що будуть розташовані на полі, або від супутників GPS. Польові карти несуть у собі інформацію про те, де і яка обробка необхідна, а система навігації дозволить роботу «орієнтуватися» у просторі. Означене вище обладнання відноситься до постійно встановленого на роботі, як і бортовий комп'ютер, систему зв'язку із блоком керування, а також базу та механічні системи робота.

Навісне ж обладнання залежить від цілі, яку виконує робот у даний момент. У даній роботі розглядається робот, на який встановлені баки для рідини та система обприскування. Проте, дана платформа придатна і для виконання інших завдань. Аналіз ґрунту при встановленні обладнання для визначення рівня кислотності та вмісту важливих для сільського господарства речовин, передача даних може одразу відбуватися після аналізу за допомогою бездротової мережі. Посів, при встановленні сіялки та бункеру. Розпушування та інші типи фізичного оброблення – при встановленні борін та іншого обладнання. Збір врожаю при встановленні маніпуляторів та причепу. Усе обладнання повинно керуватися електронно для диференційованої обробки поля.

В якості джерела енергії ми бачимо електричну енергію. Не дивлячись на те, що у сьогоденних агрогосподарствах розповсюджена техніка із дизельними двигунами, встановлення двигуна внутрішнього згорання на велику кількість роботів призвело би до проблем при їх обслуговуванні. Електродвигун технологічно простіший, а вирішити проблему обмеженого заряду батареї та часом її зарядки можна тим, що виконавши частину роботи робот повернеться до станції, де йому замінять батареї на заряджені. Або,

якщо роботів у господарстві декілька, він встане на зарядку, поки другий робот виїде на поле і продовжить операцію. Крім того на роботах можна встановити сонячні панелі, що подовжить час роботи на полі. У даній роботі передбачається чотири години неперервної роботи.

Для забезпечення високої маневреності та прохідності робота передбачається, що всі колеса будуть керовані та ведучі, що дозволить пересуватися у будь якому напрямку.

Звичайно, робота на полі накладає певні вимоги до робота. Так уся електроніка та механіка повинна бути захищена від впливу високих температур, вологи та пилу. Відсік для електроніки повинен бути захищений протипиловими фільтрами та системою охолодження та сконструйований так, щоб уникнути затікання рідин, а механіка прикрита протипиловими кожухами.

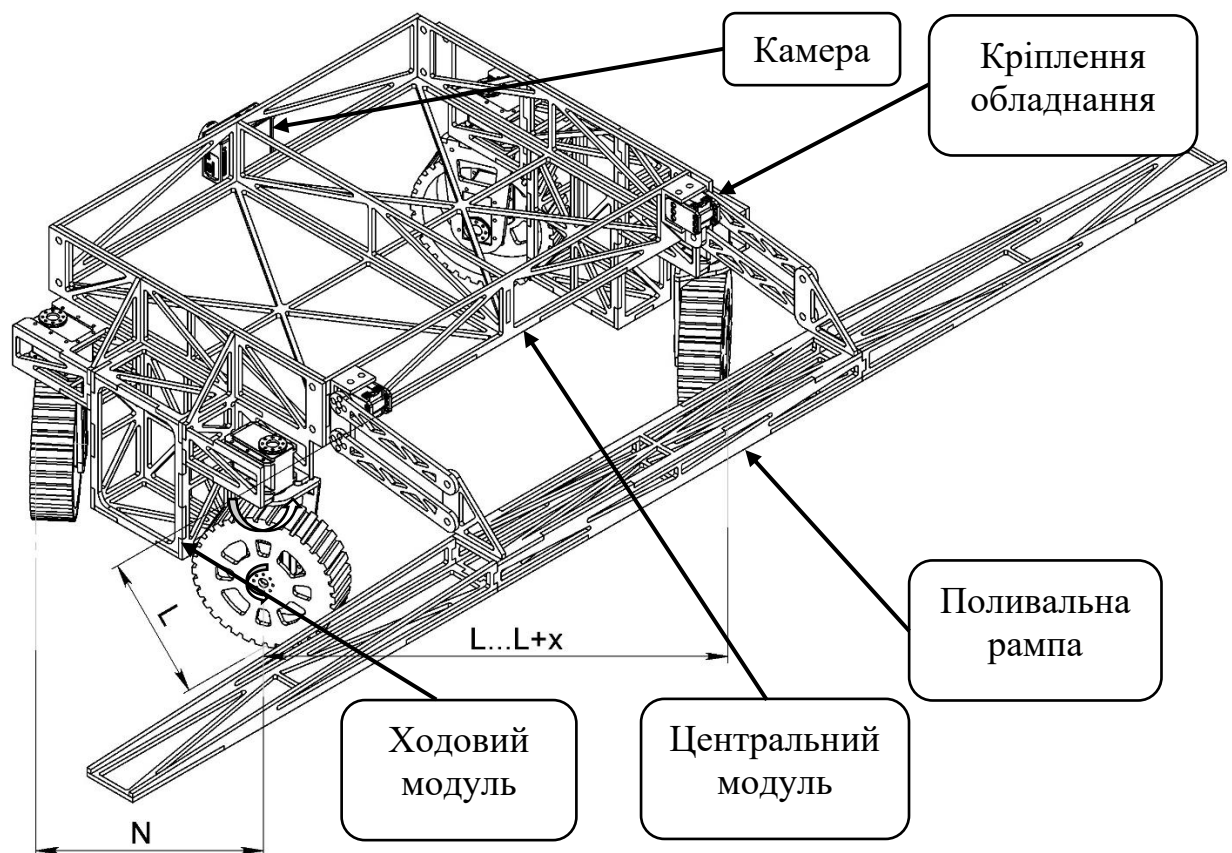


Рисунок 2.1 – загальна схема роботу на прикладі прототипу

2.2 Системи і технології інформаційні підтримки проекту

Для повністю автономної роботи на полі робот-трактор повинен мати систему навігації, вміти розпізнавати об'єкти, виконувати певні операції.

В робототехніці по одному із засобів класифікації виділяють чотири види навігаційних систем: персональну, локальну, автономну і глобальну [23]. Персональна система визначає відносне положення частин робота та відповідає за взаємодію із ближніми предметами. До такої системи відносять рух вздовж кабелів та ліній, рух по міткам та рух із використанням енкодерів. Локальна система визначає координати відносно певної точки, за допомогою локальних координат маяків, або позиціонування у стільникових мережах. До автономної системи відносяться гіроскопи та цифрові компаси, проте, вони чутливі до нахилу роботизованої платформи. Глобальні системи, найкращу точність з яких забезпечує *GPS*, визначає абсолютні координати робота при русі по довгим маршрутам. Похибка системи на даний момент не перевищує 6 метрів, при умовах, близьких до ідеальних, не перевищує 2-3 метрів. Нове покоління супутників забезпечить точність не менш, ніж 60-90 см [23].

На сьогоднішній день перехід на точне землеробство господарства починають з встановлення системи паралельного водіння, яка дозволяє підняти точність руху техніки до 30-2,5 см [24]. Крім того існують системи автоматичного водіння (автопілот) для сільськогосподарської техніки, які ґрунтуються на тому ж принципі, що і системи паралельне водіння, тільки із введенням в конструкцію трактора контролера, що керується даними від *GPS*-приймача та внутрішніх датчиків передає команда системі керування, датчиків куту повороту коліс та гідросистеми керування [25].

На сьогоднішній день існує поняття електронної карти поля, яка окрім географічного розташування, форми та розмірів поля може містити у собі усі необхідні для сільського господарства параметри: паспорт поля, технологічну карту запланованих та виконаних операцій, агрохімічні характеристики та інше

[25]. Представлена у вигляді багатовимірного масиву даних така карта дозволяє знати стан поля та застосувати необхідну для певної ділянки поля обробку.

Для функціонування робота необхідно доцільно глобальну систему навігації. Система навігації робота, повинна бути представлена GPS-приймачем, комп'ютером із встановленим програмним забезпеченням, що дозволяє читати електронні польові карти та програмним забезпеченням, що здатне давати сигнали керування на контролери електродвигунів робота та датчиків повороту коліс робота. Введення додаткової автономної навігаційної системи у вигляді гіроскопа дозволить виключити перекидання робота, якщо програмно заборонити роботу подальший рух у поточному напрямку при перевищенні певного кута нахилу.

Для розпізнавання об'єктів робот повинен мати систему розпізнавання образів. Така система необхідна для вирішення декількох задач: виключення нанесення шкоди людині, або тваринам, обминання перешкод, визначення, чи є певна рослина корисною культурою. Такі технології вже застосовуються у сільськогосподарській робототехніці, так *BoniRob* здатний відрізнити цільову культуру від інших рослин за такими параметрами, як форма листя, розмір та колір. Для цього було застосовано машинне навчання – робот порівнює рослини, що потрапили у поле зору камери та порівнює завантаженими зображеннями. Чим більше робот працює із певною культурою, тим більша точність визначення [27]. Зараз такі системи відрізняють цільову культуру від усіх інших рослин і в залежності від робіт, що проводяться, можуть провести необхідні операції лише з цільовою культурою, або навпаки – з усім іншим, що потрапить у категорію бур'ян.

Роботу необхідно мати на борту декілька камер, частина камер необхідна для визначення наявності перешкод на шляху, виключення наїзду на людей, тварин, або грядки. Інші камери необхідні для розпізнавання рослин. Так як для розпізнавання рослин камера повинна бути направлена вперед-вниз, а перешкод – вперед, то неможливо об'єднати ці функції у одній камері.

Для виконання операцій, наприклад, обприскування, роботу необхідно мати окрім наведених вище систем систему керування маніпуляторами. Для робота, що виконує обприскування, який розглядається даній роботі, необхідно, щоб робот розпізнавши рослину системою розпізнавання образів, та визначивши необхідну кількість добрив, або води, за допомогою електронної польової карти та системи навігації, виконав операцію саме над певною рослиною. Для цього необхідне введення контролю маніпуляторів. В нашому випадку необхідно, щоб робот знав положення поливальної штанги та міг контролювати подачу рідини. Для цього необхідно ввести в електросистему робота контролери двигунів, що піднімають та опускають штангу, та двигунів насосу. Крім того необхідний зворотній зв'язок – датчик тиску води для насосу та датчик положення штанги.

Отже програмне забезпечення робота повинно вміти виконувати такі роботи: приймати дані із приймачів сигналу *GPS*, мати системи розпізнавання образів та машинного навчання, орієнтуватися на полі зіставляючи координати *GPS* та електронну карту поля, обирати необхідну операцію, спираючись на електронну карту, контролювати та керувати такими параметрами: кут повороту коліс, швидкість обертання коліс, положення поливальної штанги, розприскування рідини. Перед застосуванням робота на полі користувач повинен провести певну підготовку: завантажити електронну карту поля, в якій вказана уся необхідна інформація про стан поля, та рослини, які на ньому вирощуються, обрати яка саме обробка буде проводитися, та яка рідина залита у баки робота. Для цього необхідне окреме програмне забезпечення, встановлене на комп'ютері користувача, в якому він проведе перелічені вище операції і завантажить дані у робота із зовнішнього носія. Якщо робота оснастити приймачем-передатчиком бездротової мережі, то працюючи в одній мережі усе може бути налаштовано віддалено.

2.3 Обґрунтування основних технічних параметрів FLIBot

Технічні параметри трактору були визначені у відповідності до потреб сільського господарства. Була обрана схема, при якій колеса робота рухаються між рядками, а центральний модуль проходить над рослинами. Так як ширина рядів може відрізнятися, в залежності від вирощуваної культури, то в конструкцію робота був введений механізм регулювання колії, за допомогою якого можна налаштувати необхідну ширину колії. Ширина колії повинна регулюватися від 2400 мм до 2800 мм. На даному етапі закладена відстань у 900 мм між ґрунтом та нижньою площиною центрального модуля. Проте, у майбутньому, можливе введення механізму регулювання висоти робота.

Передбачається, що робот буде мати змогу безперервно працювати 4 години, після чого буде необхідно замінити, або зарядити, акумулятори. Акумулятори розташовані у ходових модулях, між колесами. Корисне навантаження – 200 л рідини, для якої у центральному модулі передбачені два баки по 100 л. У передній частині головного модуля, під обшивкою, передбачено розташування електронних компонентів: камер, сенсорів, антен, комп'ютера та іншого. У задній частині головного модуля передбачені місця для встановлення навісного обладнання. У варіанті робота, що проектується в даній роботі передбачається встановлення типового обприскувача, який виробляється, та знаходиться у вільному продажу. Довжина штанги у розкладеному стані – 8 м, об'єм баку – 200 л [28]. Висота штанги обприскувача може регулюватися, за допомогою електромоторів.

Колісна база у 1200 мм визначалася виходячи з необхідності розміщення акумуляторів у ходовому модулі та забезпечення стійкості і маневреності робота. При необхідності підвищення стійкості дана величина може бути збільшена у бік збільшення, так як на етапі визначення основних технічних характеристик неможливо точно визначити центр мас, щоб вирахувати максимально допустимий нахил.

Подальша розробка буде вестись виходячи з наступних характеристик:

- Вага, без спорядження: 400 кг;
- Колісна база: 1200 мм;
- Ширина колії: регульована, 2400-2800 мм;
- Виконувані роботи: кероване обприскування.

2.4 Розрахунок та моделювання основних параметрів FLIBot як транспортного засобу

Розрахунок параметрів FLIBot, як транспортного засобу, починається із тяглового розрахунку. За допомогою тяглового розрахунку визначаються основні параметри трактора: загальна та зчїпна вага, потужність двигуна, число та розподіл передач, що забезпечують роботу трактора в заданих умовах. Вихідними даними є тип трактора, тягловий клас, призначення, а також те, який трактор він замінляє. Додатково вказуються, та уточнюються у процесі роботи, перелік виконуваних робіт та робочі машини-знаряддя, зони роботи, що характеризуються як ґрунтовими, так і кліматичними умовами, а також лімітовані розміри трактора [29]

Тяглові якості трактора визначають максимальним та мінімальним тягловими зусиллями, що оцінюються діапазоном тяглових зусиль. Розрізняють повний Δ_t та робочий Δ_{tr} діапазони тяглових зусиль.

Так як відома експлуатаційна вага, то тяглове зусилля будемо знаходити, перетворивши формулу:

$$G = \frac{P_{кр}}{\lambda \varphi_c - \zeta f} \quad (2.1),$$

де G – експлуатаційна вага, $P_{кр}$ – тяглове зусилля, λ – коефіцієнт навантаження ведучих коліс (для колісних тракторів 4х4 становить 0,9 – 1,0), φ_c – коефіцієнт зчеплення з ґрунтом (табл. 2.1), ζ – коефіцієнт, що враховує внутрішні втрати у ходовій системі (для колісних тракторів приймають 1), f – супротив самопересуванню.

Таблиця 2.1

Коефіцієнти взаємодії ходової частини з різними типами поверхонь

Тип поверхні	f	φ_c , при поверхні	
		сухий	вологий
Стерня	0,1-0,12	0,7	0,5
Злежала оранка	0,12-0,14	0,4-0,6	—
Свіжозоране поле	0,18-0,22	0,3-0,5	—
Культивоване поле	0,16-0,20	0,4-0,6	—
Вологий пісок	0,10-0,15	—	0,4-0,6
Сухий пісок	0,16-0,22	0,2-0,3	

З формули (2.1) виведемо формулу для визначення необхідного тяглового зусилля:

$$P_{кр} = G(\lambda\varphi_c - \zeta f) \quad (2.2),$$

$$P_{кр} = 3922,661(0,9 \cdot 0,7 - 1 \cdot 0,1) = 2079,01(H)$$

Номінальна потужність двигуна знаходиться із умови реалізації номінального тяглового зусилля P_n на заданій типажом швидкості v_n .

Номінальне тяглове зусилля, згідно ГОСТ 27021-86 визначаємо за формулою:

$$P_n = A \cdot G \quad (2.3)$$

Для трьох і чотирьохколісних тракторів із двома ведучими колесами $A=3,92$.

$$P_n = 3,92 \cdot 400 = 1568 (H).$$

Формула для визначення номінальної потужності двигуна [29]:

$$N_H = \frac{(P_H + fG)v_H}{270\eta_m\eta_\delta\eta_\Pi} \quad (2.4),$$

де η_m – механічний коефіцієнт корисної дії силової передачі – 0,9 . η_δ – коефіцієнт, що враховує втрати від буксування, для колісних тракторів загального призначення рівний від 0,85 до 0,87. η_Π – коефіцієнт використання потужності, становить 0,9-0,95, із урахуванням запасу потужності на початок руху та подолання випадкових спротивів. Номінальну швидкість приймемо за 6 км/год.

$$N_H = \frac{(159,89 + 0,1 \cdot 400)6}{270 \cdot 0,9 \cdot 0,86 \cdot 0,93} \cdot 0,7355 = 4,54 \text{ кВт.}$$

Отримане значення номінальної потужності дозволяє обрати двигуни із ряду доступних.

Розробка механізму регулювання ширини колії

Механізм, що буде розроблятися повинен виконувати наступні функції: пересувати ходовий модуль відносно центрального, фіксувати положення та виключати небажані пересування в усіх площинах та осях.

Було розглянуто три варіанти виконання цього вузла.

Х-подібно розташовані важелі потребують направляючих, розташованих перпендикулярно, відносно вісі руху модуля, а того кожен рухомий вузол потребує підшипника. Головним недоліком такого виконання є те, що необхідно контролювати положення кожної вершини важеля, так як якщо вони будуть рухатися вільно, то це призведе до відносного зміщення ходового модуля відносно центрального у осі, перпендикулярній, до осі руху.

Циліндричні направляючі та лінійні підшипники позбавлені недоліку, описаного вище, та не потребують індивідуального приводу для кожної направляючої і можуть приводитися у рух одним конструкційним елементом. Усі елементи є стандартними та знаходяться у вільному продажу. Проте

недоліками цього рішення є його точність: усі пари направляюча-підшипник повинні бути відрегульовані так, щоб уникнути заїдання при русі, а самі осі повинні бути захищені від попадання бруду, так як він може призвести до виходу з ладу підшипника.

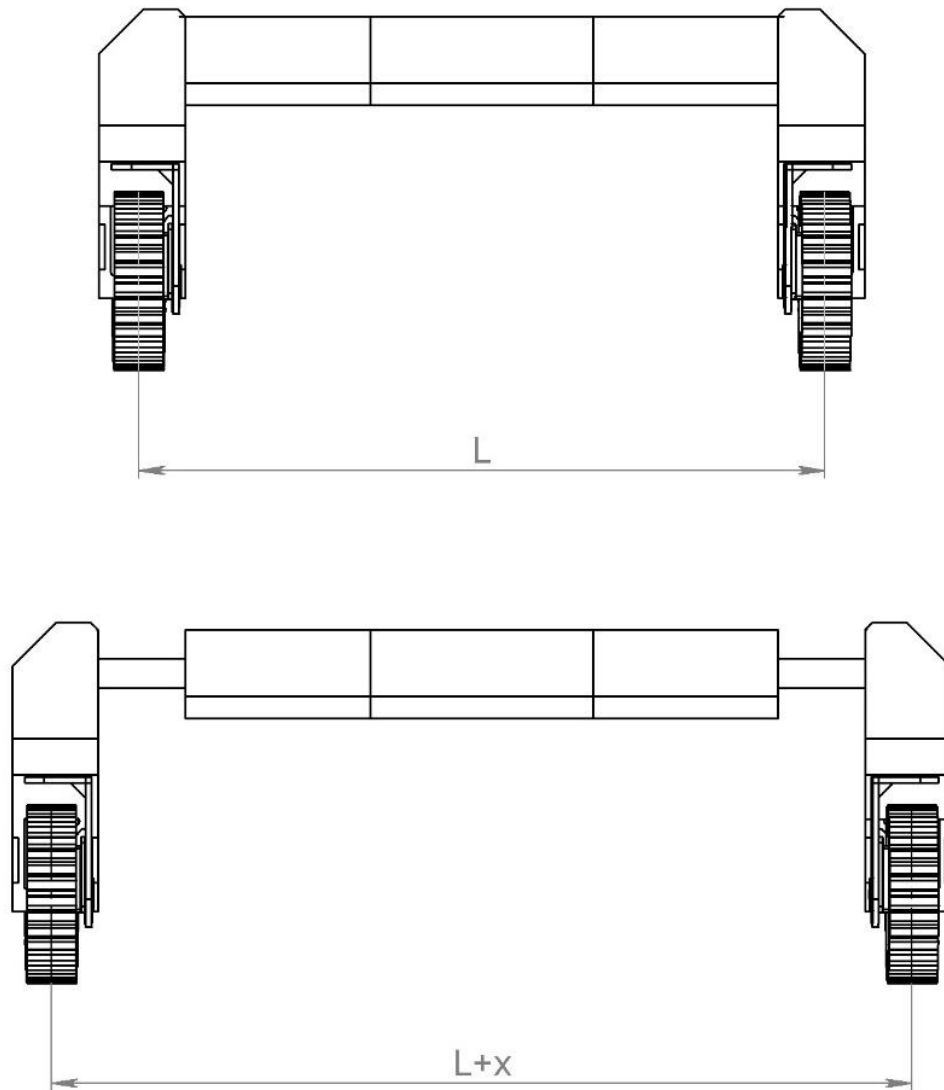


Рисунок 2.2 – варіанти налаштування ширини колії

Направляючі та ролики були обрані у якості кінцевого варіанту. На відміну від попередніх варіантів потрапляння пилу або вологи не призведе до швидкого руйнування цього вузла. Ролики є стандартними, що знаходяться у вільному продажу і їх конструкція дозволяє застосовувати їх у відкритому

середовищі. Направляючі можна виготовити із листового металу, із додаванням перегородок, що необхідні для підвищення жорсткості. Недоліками є те, що точність розташування ходового модулю відносно центрального буде нижчою. Навіть якщо знехтувати похибками при виготовленні вузла резиновий бандаж колеса може деформуватися та викликати рухи. Цей варіант був обраний так як значно простіший технологічно, а також не потребує захисту від пилу.

В якості приводу можна використовувати гідравлічні циліндри, або електродвигуни. Гідравлічні системи широко застосовуються у сільськогосподарській техніці, де компресор приводиться у дію за рахунок відбору потужності від двигуна внутрішнього згоряння. Крім компресора та безпосередньо робочого циліндра гідросистема потребує баку із робочою рідиною та гідропроводки. Електрична система потребує приводу, роль якого відіграє електродвигун, гвинта та гайки. За рахунок використання пари гвинт-гайка можна відмовитися від використання редуктора, а використання трапецеїдальної нарізі забезпечить неможливість небажаних рухів у осі гвинта. Проте ця пара потребує захисту від пилу та вологи, тому необхідно її захистити від впливу навколишнього середовища. Для вирішення цієї проблеми існують готові рішення у вигляді гофрозахисту.

Кожна із систем має свої переваги та недоліки. Перевагами гідросистеми є простота та надійність, але ця система потребує додаткового встановлення габаритного компресора та баку для рідини. Електросистема є більш компактною та легшою, використовує для живлення ті ж самі батареї, що й інші системи робота, але потребує захисту від пилу та вологи.

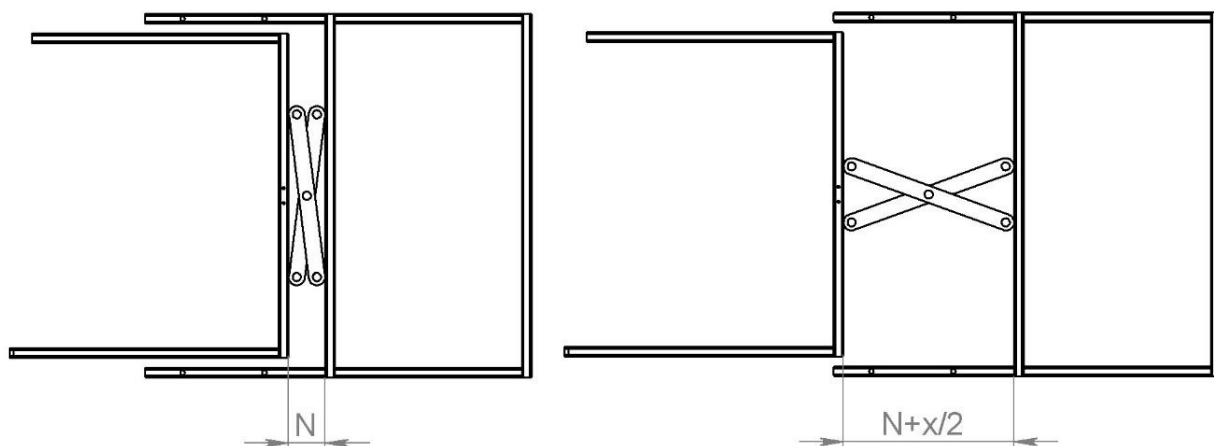


Рисунок 2.3 – Х-образно розташовані важелі

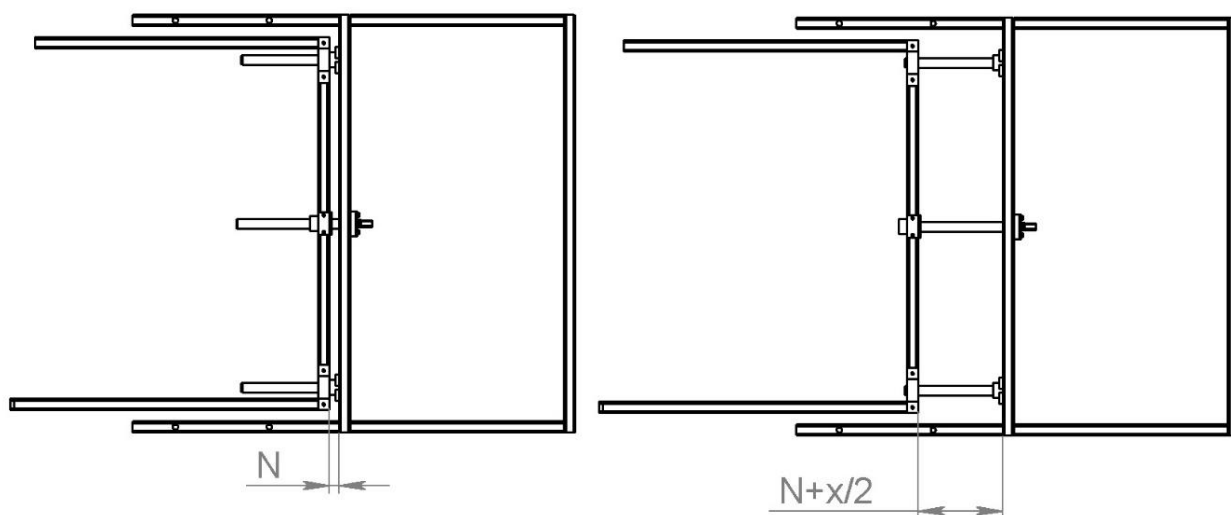


Рисунок 2.4 – Циліндричні направляючі та лінійні підшипники

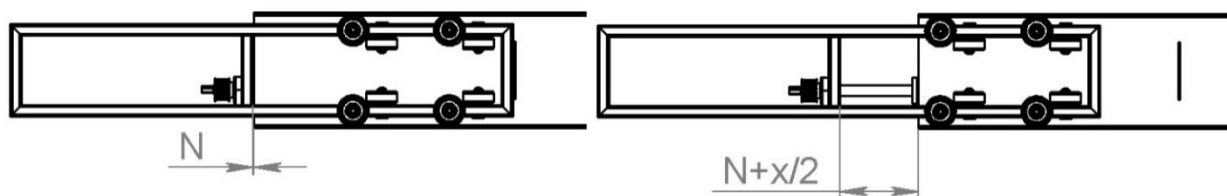


Рисунок 2.5 – Направляючі та ролики

Для виготовлення направляючих доцільно використати листовий метал, так як він є доступним матеріалом, технологічним у обробці і при необхідності може бути полагоджений у польових умовах. Направляючі кріпляться напряду до рами центрального модуля робота. Скріплення можна виконати зварюванням, так як немає необхідності у зніманні направляючих з рами. Для підвищення жорсткості з бокових сторін рами встановлюються кришки, відігнуті частини якої допомагають утримувати необхідне положення направляючих, а ближче до середини, на відстані, достатній, для правильного функціонування механізму, встановлюються по два Г-образні посилюючі елементи. Усі деталі конструкції зварюються між собою. Бічні кришки також використовуються для встановлення нерухомого гвинта пари гвинт-гайка, крім того у них передбачені отвори, в які проходять ролики механізму та рама.

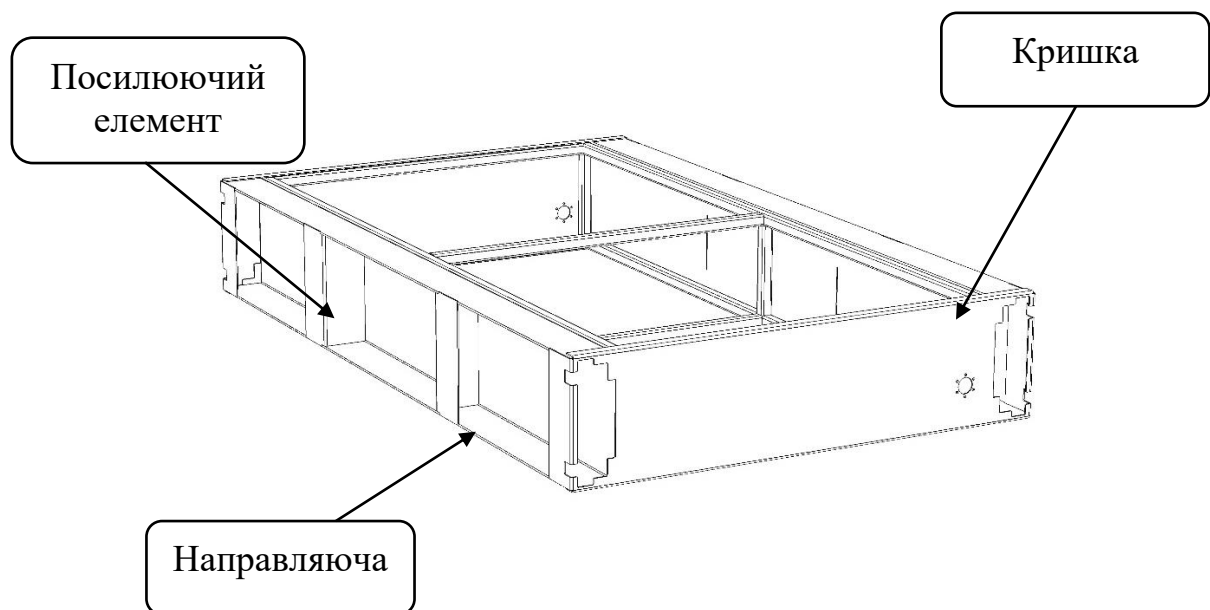


Рисунок 2.6 – загальний вигляд направляючих, встановлених на раму

Основою модуля регулювання ширини є зварна рама з прямокутної труби 30х30мм, до якої приварюються осі роликів та виконуються посадочні місця для кріплення гвинта. Крім того одна із сторін рами використовується для

закріплення на бічному модулі. Так як ролики, що обрані для встановлення на роботі не потребують додаткового встановлення підшипника [30], то кожен вузол встановлення ролика буде складений з вісі із виточкою для стопорної шайби, яка приварюється до рами, ролика, який встановлюється на вісь, стопорного та компенсаторного кілець. Компенсаторне кільце необхідне, так як стопорні кільця можуть відрізнятись по товщині, тому між роликом та стопорним кільцем встановлюють компенсаторне, яке виготовлене із запасом по товщині та перед збіркою шліфується по місцю. Усього конструкцією передбачено 32 ролики для усього робота, кожен механізм, має 16 роликів. Геометричні розміри механізму були продиктовані розмірами рами, та максимальною відстанню, на яку відбувається розширення колії. Кожен модуль має змогу виїжджати з початкового положення на 200мм.

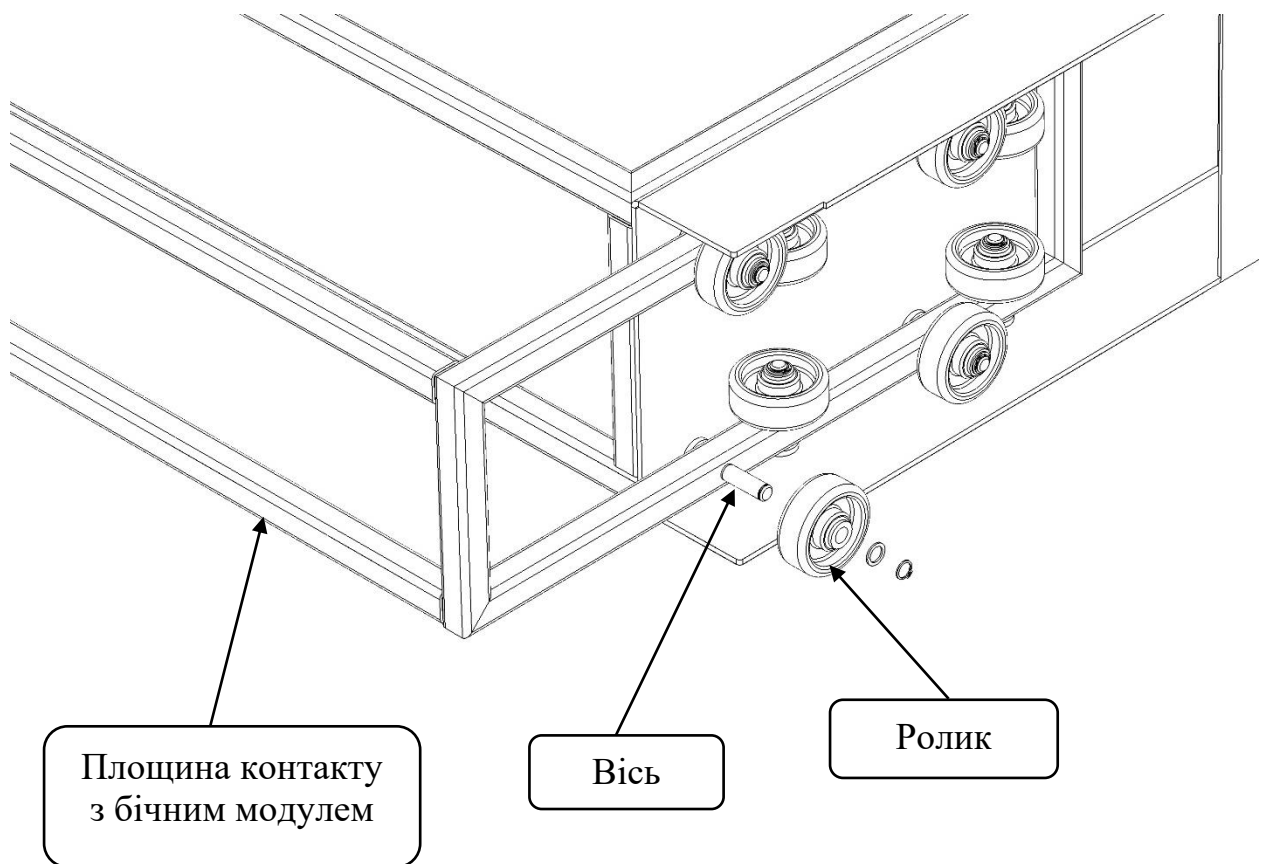


Рисунок 2.6. Ролики, встановлені на рамі механізму регулювання ширини колії

Привід механізму складається з пари трапецеїдальні гвинт-гайка, клинопасової передачі, що з'єднує гвинт і серводвигун. Конструкцією передбачені лиски на гвинті, для ручного регулювання положення у разі виходу зі строю пасу, або двигуна. Гвинт встановлюється у підшипниковий вузол, який кріпиться до рами механізму регулювання ширини. Підшипники були обрані із запасом міцності достатнім, для випадку, якщо уся вага робота буде припадати на один з двох модулів.

В якості матеріалу для направляючої вирішено використовувати листову сталь товщиною 5 мм, так як вона проста у обробці, має невисоку вартість та дозволяє отримати конструкцію необхідної форми та розміру. Як альтернатива розглядалися варіант використання в якості направляючої стандартного профілю – швелера, проте, його застосування підвищить масу робота.

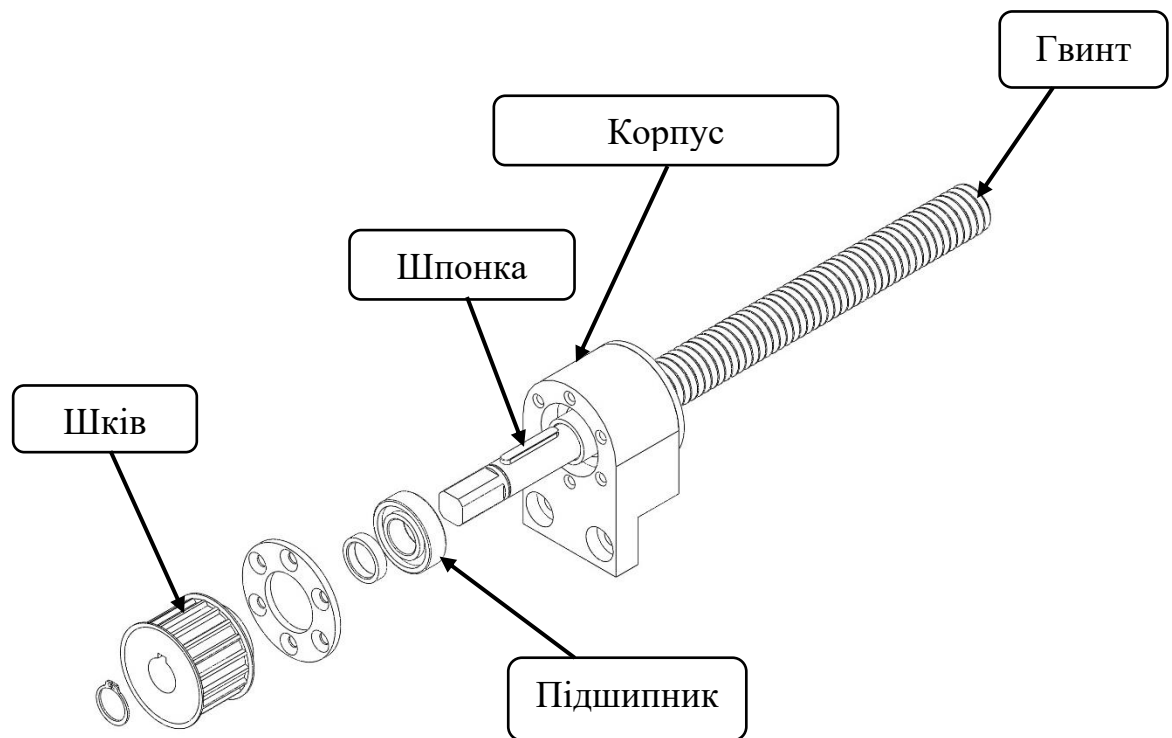


Рисунок 2.7 – Привідний гвинт механізму регулювання ширини та елементи приводу

Осі роликів – також із сталі, точені з прутка, ролики – стандартні, призначені для візків, діаметр – 80 мм, кожен ролик витримує вагу до 60 кг та обладнаний роликовим підшипником [30].

Пара, гвинт-гайка, що використовується у механізмі регулювання ширини – стандартна, гвинт – Tr.28x5 [31], гайка – FTN28A, фланцева [32]. На гвинті оброблюються посадочні місця для підшипників, стопорних та компенсаторних кілець, дистанційних втулок, шківів та шпонки, а також лиски під гайковий ключ. Фланець гайки закріплюється на центральному модулі.

Для закріплення гвинта та забезпечення його обертання використовуються два радіальні підшипники. Корпус підшипників кріпиться до рами ходового механізму робота за допомогою гвинтового з'єднання.

Корпус підшипників виготовляється з конструкційної сталі. В корпусі передбачене посадочне місце для підшипника, що розташований ближче до шківів, другий підшипник – плаваючий. Одна з кришок підшипників виконує функцію фіксації підшипника, друга ж тільки захищає підшипники від потрапляння бруду та вологи всередину. Осьова відстань між підшипниками, а також між підшипником і шківом витримується за допомогою дистанційних втулок. Усі деталі утримуються в осьовому напрямку за допомогою стопорного кільця.

Так як конструкцією робота передбачено регулювання його ширини за допомогою гайкового ключа, то на кінці трапецеїдального гвинта передбачені лиски під гайковий ключ на 17мм. Через це обертальний рух на гвинт від крокового електродвигуна передається не через муфту, а через два шківів та зубчатий ремінь, усі компоненти цього вузла є стандартними, та знаходяться у вільному продажу [33, 34, 35]. Передатне число 1:1, так як використання крокового двигуна при низькій кількості обертів у парі з парою гвинт-гайка не потребує редуктора.

Для захисту гвинта і підшипників від навколишнього середовища доцільно використовувати гофрозахист круглого перетину.

Розрахунки окремих елементів на міцність

Були проведені статичні дослідження окремих елементів конструкції: осей роликів, рами механізму регулювання ширини та направляючої механізму регулювання ширини колії. Усі розрахунки виконувалися із розрахунку роботи робота із масою, перевищуючою дозволену. Для проведення розрахунків методом кінцевих елементів використовувався модуль *Simulation*, вбудований у програму *SolidWorks*.

При аналізі вісі ролика в якості матеріалу із вбудованої бібліотеки матеріалів була обрана проста конструкційна сталь. Закріплення деталі були задані у відповідності до контактів із рамою механізму регулювання ширини колії (див. рис. 2.8).

При визначенні навантаження було прийняте максимально допустиме навантаження для ролика – 600 Н. Так як ролик – стандартний виріб, то у разі значного перевантаження при поломці першим вийде з ладу саме він, а не вісь, заміна якої більш проблематичною, через те, що вона не є стандартною деталлю. Площина прикладання навантаження співпадає з зоною контакту між роликом та його віссю (див. рис. 2.9).

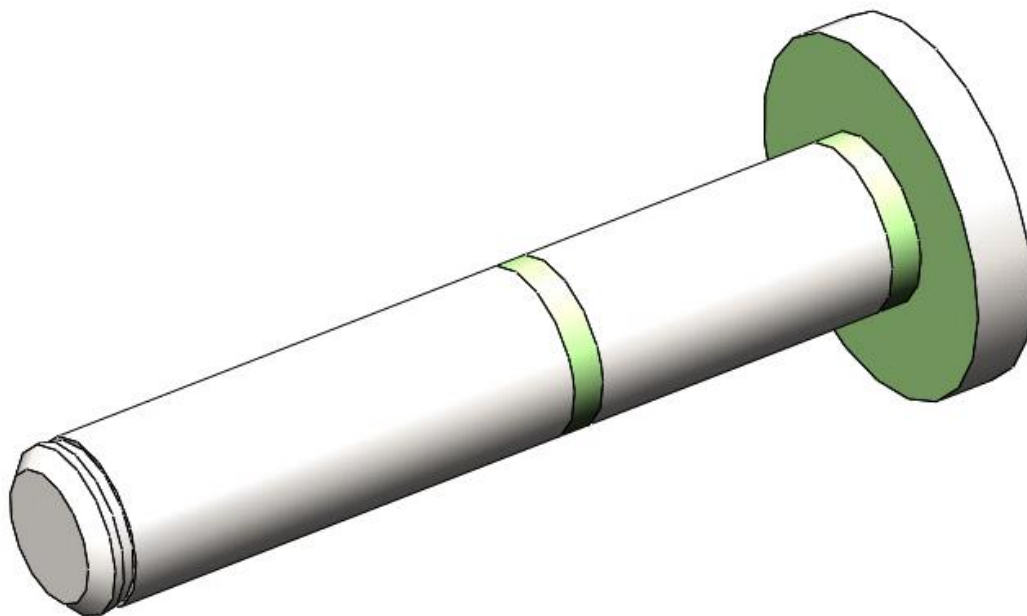


Рисунок 2.8 – Зеленим кольором виділені площини, що були закріплені

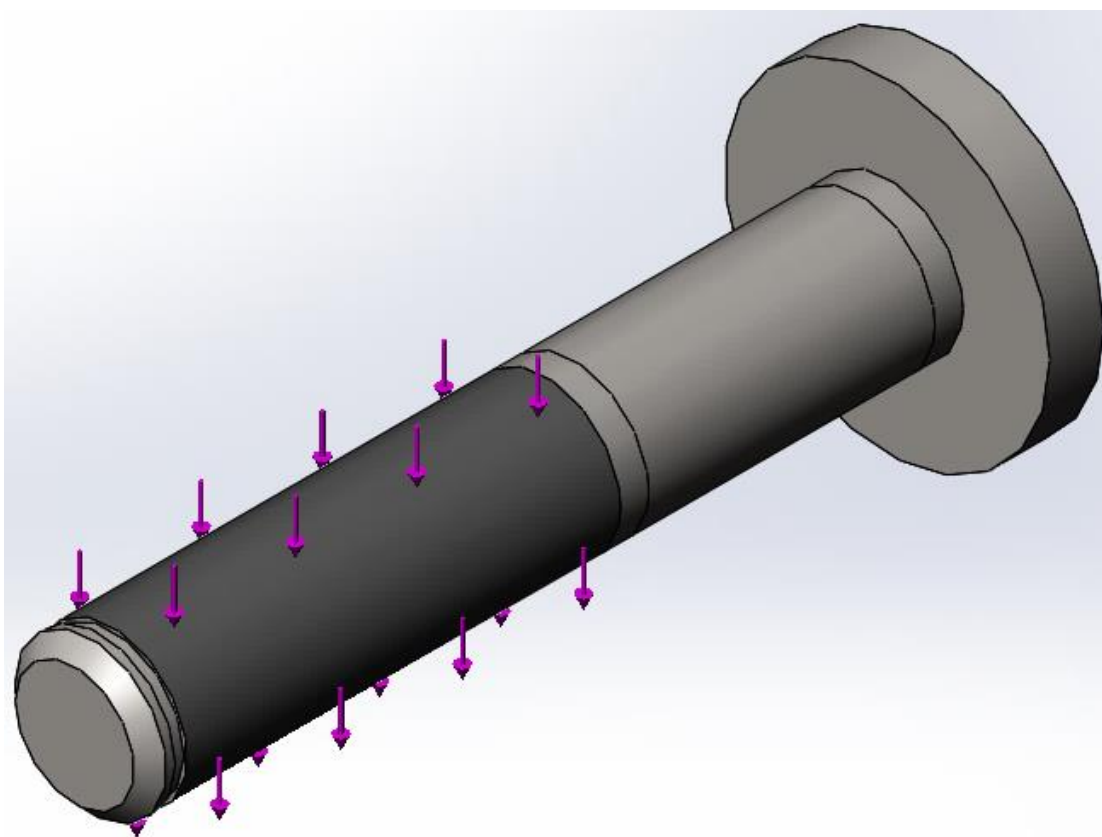


Рисунок 2.9 – Напрямок та площина прикладення навантаження

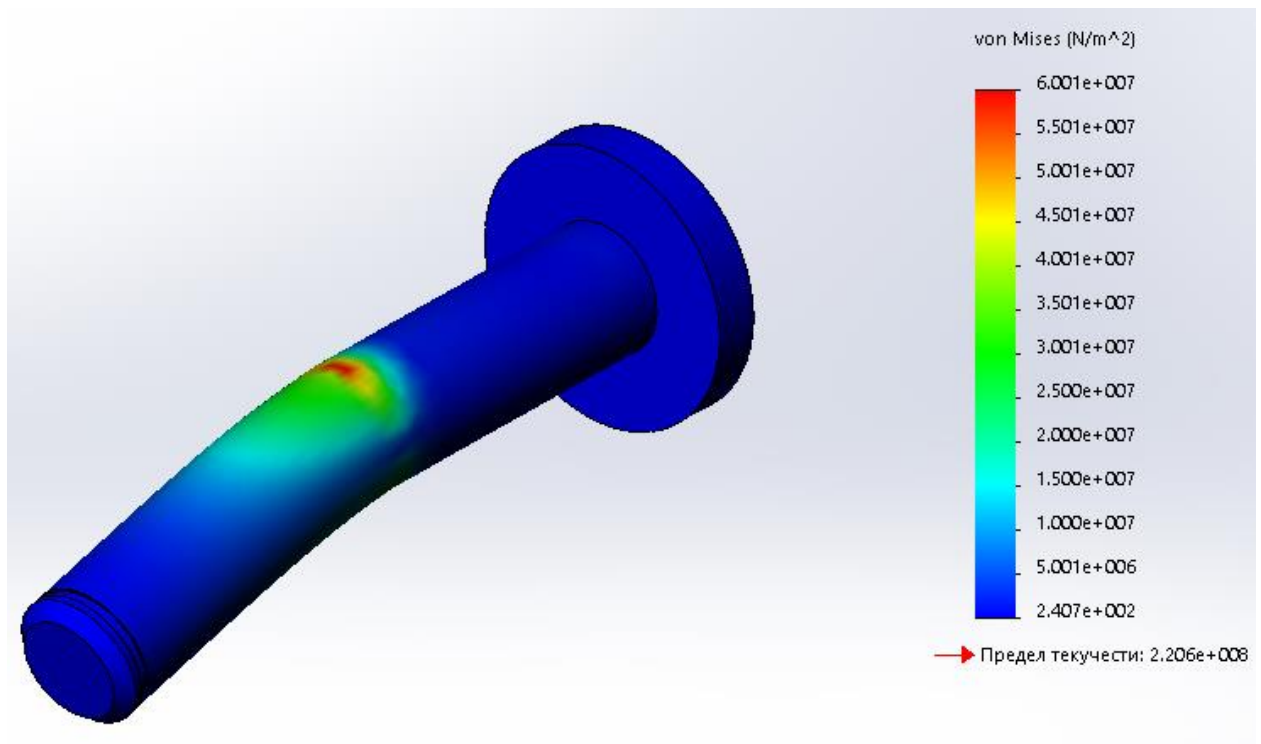


Рисунок 2.10 – Результати статичного дослідження – напруження

Як можна побачити на рисунку 2.10, найбільш навантаженим місцем вісі ролика є зона контакту ролика із рамою механізму регулювання ширини колії. Найбільше напруження становить 60 МПа, тоді як межа текучості для обраного матеріалу рівна 220,6 МПа, з чого можна зробити висновок, що вісь даного перетину має достатню міцність для роботи із обраним роликом. Із результатів дослідження можна зробити висновок, що перетин вісі надмірний, для обраної роботи, проте він задається діаметром ролика.

Так як відомими методами дослідження неможливо достовірно визначити міцність матеріалу у місцях зварних швів, то при дослідженні рами механізму регулювання ширини колії та направляючих деталі, що будуть зварені були об'єднані у єдине тіло.

При аналізі направляючих в якості матеріалу із вбудованої бібліотеки матеріалів була обрана проста конструкційна сталь. Закріплення деталі були задані у відповідності до місць приварювання до рами центрального модуля (див. рис. 2.11).

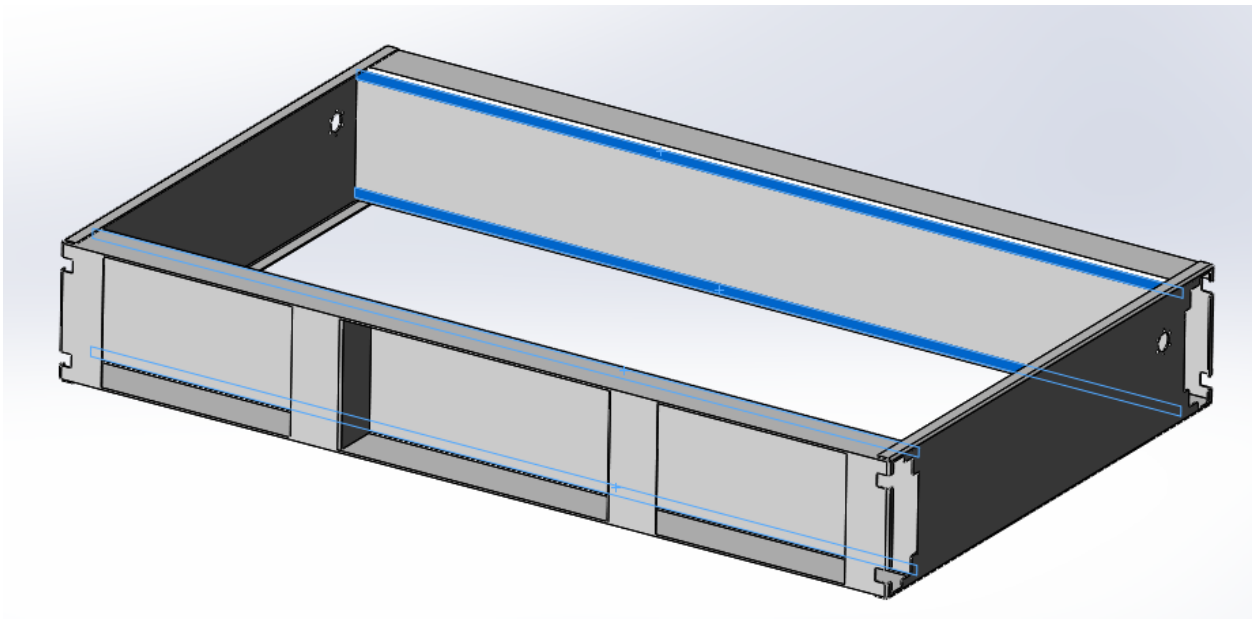


Рисунок 2.11 – Синім кольором виділені зони закріплення

Так як у найбільш критичному стані одночасно тільки половина роликів повністю приймають на себе вагу робота, то при дослідженні ролики, які не навантажені не враховувались. Були виділені зони прикладення навантажень – плями контакту роликів, положення яких відповідає ширині колії у 2800 мм (див. рис. 2.13 та 2.13). Без перевантаження робота при такій схемі на кожен ролик припадає навантаження по 500 Н, при допустимому навантаженні у 600 Н, проте, так як направляюча не є стандартним елементом, на відміну від ролика, а крім того можливі різні варіанти корисного навантаження, то було прикладене навантаження у 1200 Н, для того, щоб мати можливість у майбутньому встановити більш вантажопідйомні ролики для інших конфігурацій робота.

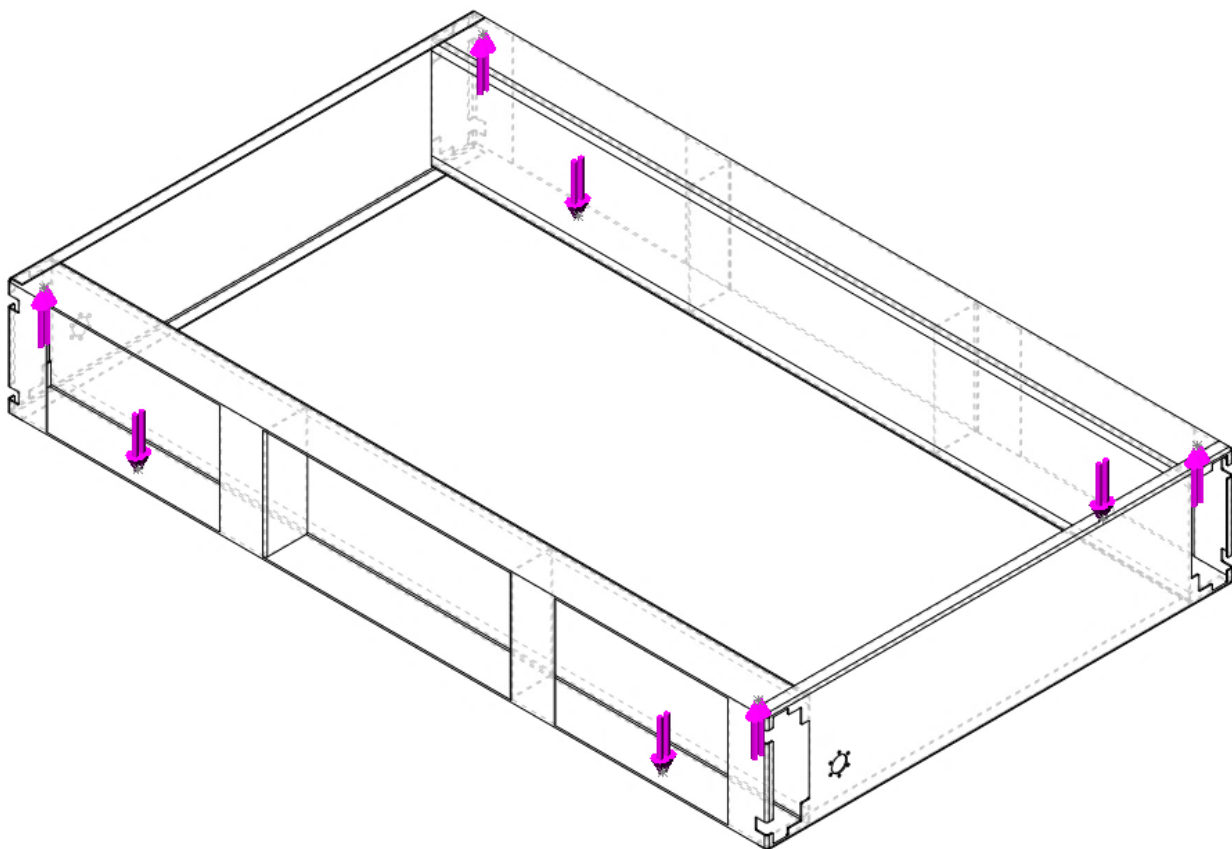


Рисунок 2.12 – Розташування зон прикладення навантаження та напрям прикладення

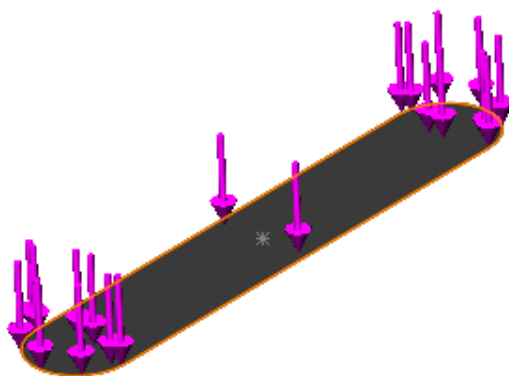


Рисунок 2.13 – Пляма контакту, до якої прикладено навантаження

Результати дослідження (див. рис. 2.14) показали, що максимальні напруження досягають 108,5 мПа (що є допустимим), і виникають у зоні контакту із нижніми роликами, так як при ширині колії 2400 мм положення роликів припадає між елементів, що посилюють жорсткість (350 мм до внутрішнього та 300 мм до зовнішнього).

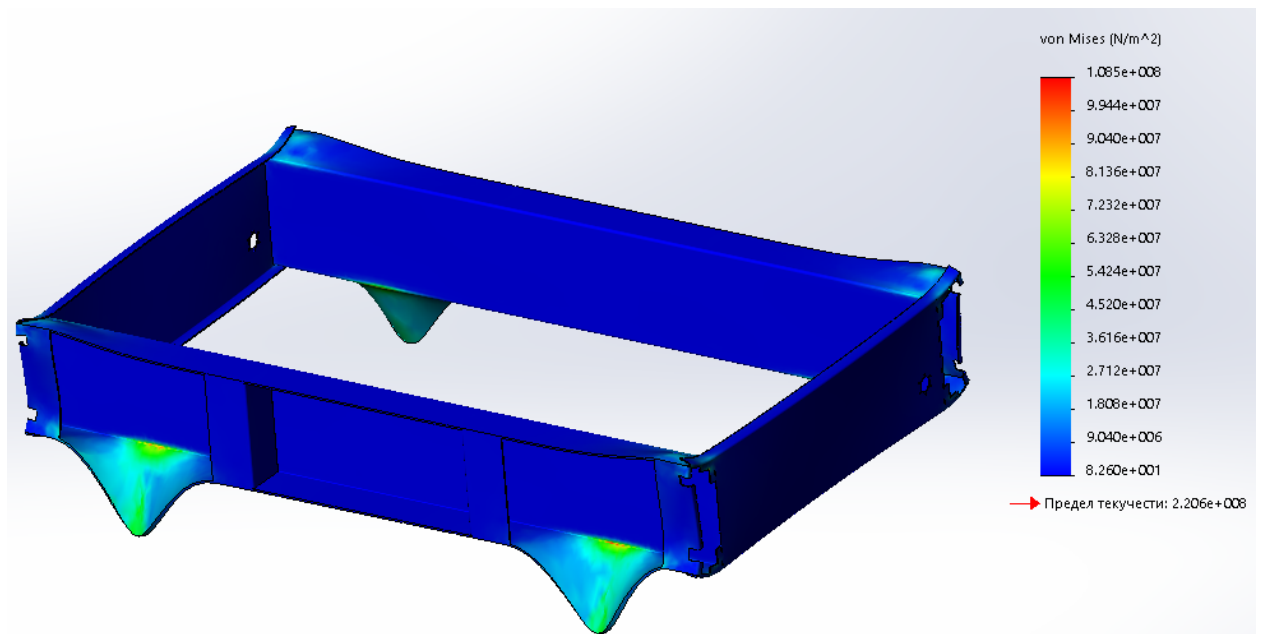


Рисунок 2.14 – результати статичного дослідження - напруження

Із проведеного дослідження можна зробити висновок, що розроблені направляючі мають достатню міцність для використання при заданих навантаженнях та мають запас міцності для розробки більш вантажопідійомних модифікацій на цій базі.

Раму модуля регулювання ширини колії пропонується виготовити зі сталевих труб прямокутного перетину 30x30x2 мм, так як це мінімальний перетин, при якому можна розташувати осі роликів. В якості поверхонь закріплення були обрані ті, якими рама модуля регулювання з'єднується із ходовим модулем (див. рис. 2.15).

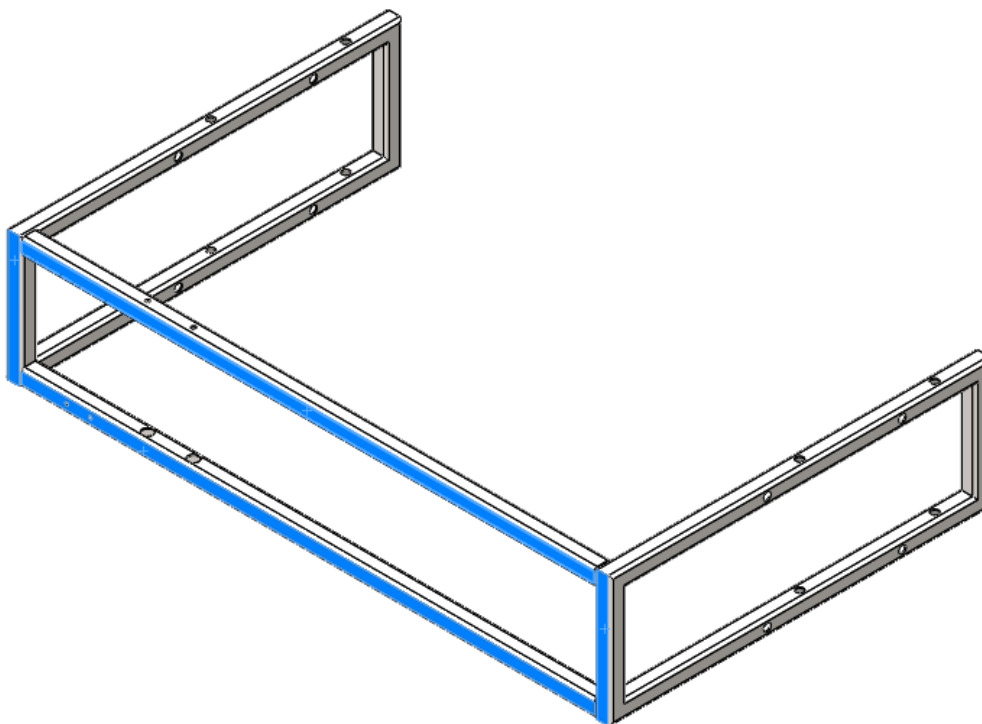


Рисунок 2.15 – Синім кольором виділені зони закріплення

Навантаження прикладалися у місцях контакту з осями роликів, величина ж навантаження рівна 1200 Н, так само, як і в дослідженні направляючих, проте напрям прикладення – протилежний (див. рис. 2.16).

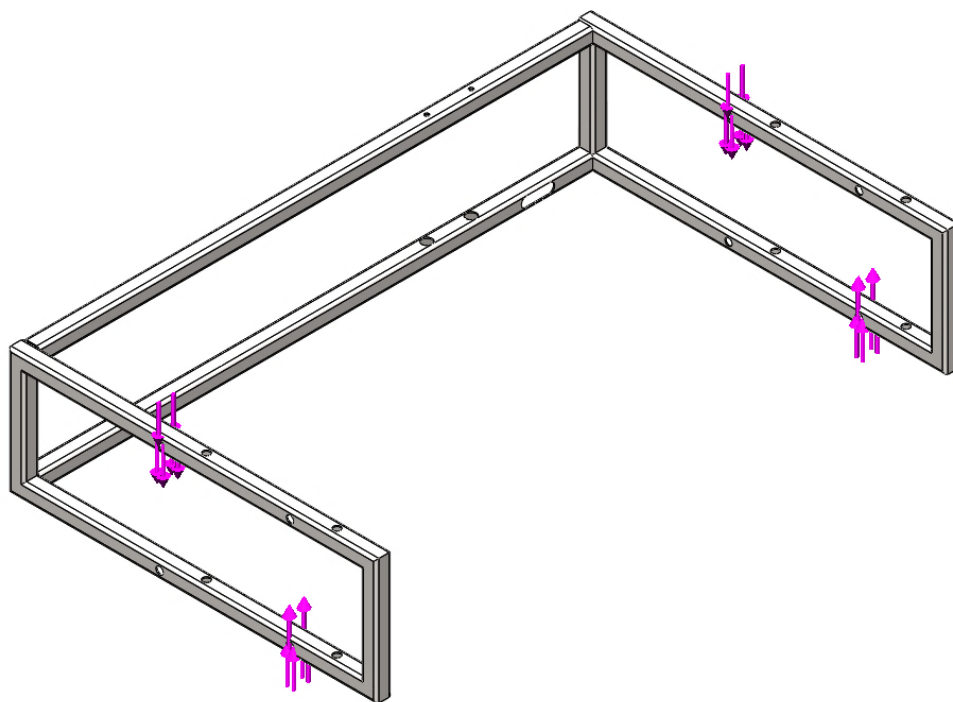
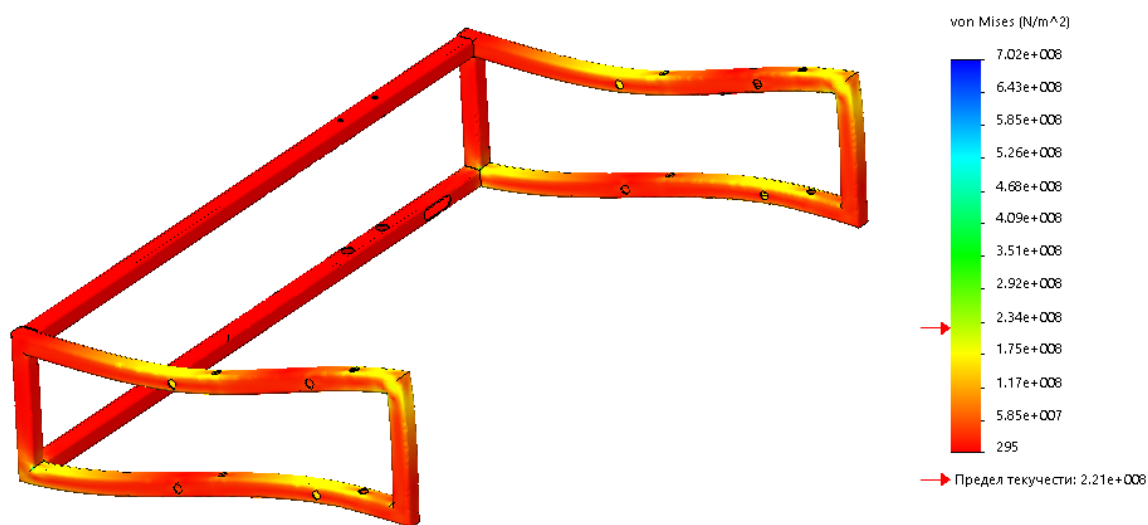


Рисунок 2.16 – Прикладені навантаження

Проведене дослідження показало, що напруження перевищують границю текучості, з чого можна зробити висновок, що труба такого перетину не буде достатньо міцною, для роботи із підвищеним навантаженням (див. рис. 2.17).



*Рисунок 2.17 – Результати дослідження, перетин 30x30x2 мм,
навантаження – 1200 Н на кожну вісь ролика*

Подальші дослідження проводилися із тими ж самими закріпленнями, зонами прикладення напрямими прикладення навантажень.

Наступним кроком є перевірка, чи є достатнім цей перетин, при використанні роликів із максимально допустимим навантаженням у 600 Н. Як показав результат дослідження, навіть номінальне навантаження призводить до напружень, що перевищують допустимі, а саме 351 мПа у найбільш навантажених місцях.

При збільшенні товщини стінки до 2,5 мм напруження при навантаженні у 600 Н становили 210 мПа, що є достатнім, проте ця конструкція не витримає перевантажень, при побудові модифікації зі збільшеною вантажопідйомністю. Дослідження при прикладенні 1200 Н на вісь показали, що напруження у такій конструкції сягнуть 420 мПа, що не є допустимим. Так як ці результати не влаштовують запитам, то вони не будуть проілюстровані.

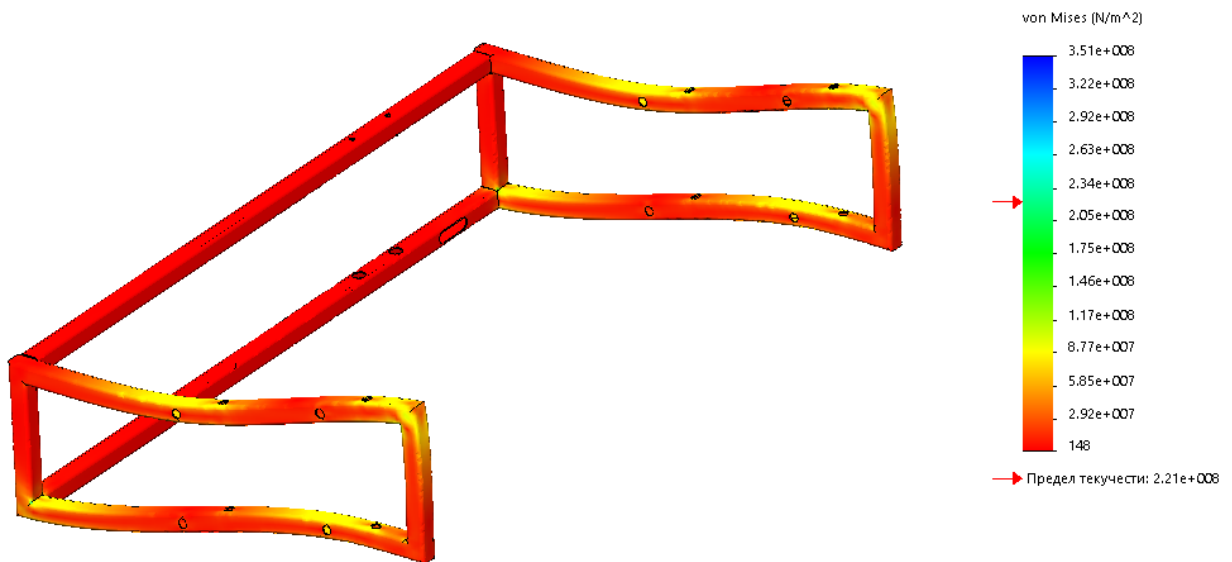


Рисунок 2.18 – Результати дослідження, перетин 30x30x2 мм, навантаження – 600 Н на кожну вісь ролика

Результат, що задовільнив умови навантаження 2100 Н на вісь був отриманий при застосуванні труби перетином 30x30x5 мм, максимальне напруження становить 196 мПа, отже будуть витримувати підвищені навантаження.

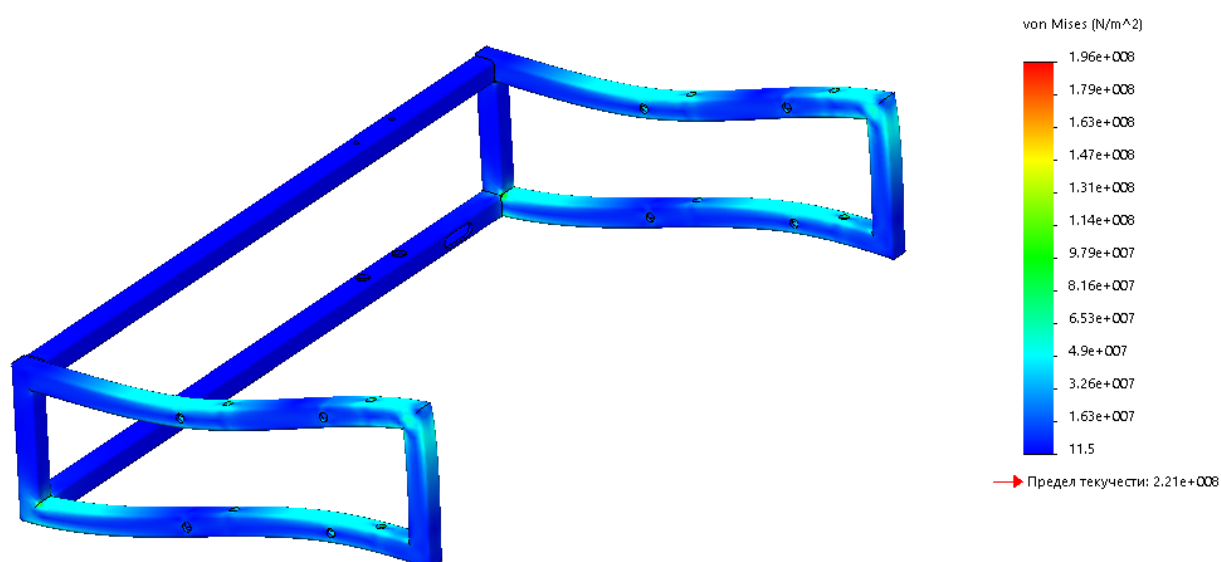


Рисунок 2.19 – Результати дослідження, перетин 35x35x5 мм, навантаження – 1200 Н на кожную вісь ролика

З проведених досліджень на міцність рам моделей рам модулів регулювання колії можна зробити висновок, що для робота загальна маса якого разом із корисним навантаженням становить 400 кг буде достатньо зварної конструкції з квадратної труби 30x30x5 мм, для побудови робота, що здатний витримувати перевантаження необхідно застосовувати профіль 35x35x5мм.

2.5. Розробка корпусу робота

Для обшивки робота можна використовувати різні матеріали – метали, пластмаси, композитні матеріали. Основними вимогами до обшивки є захист внутрішніх компонентів від руйнівної дії вологи, пилу та високих температур.

Так як корпус робота не є несучим, то його необхідна його міцність забезпечується будь яким з перелічених матеріалів. Крім того форми корпусу грають естетичну роль, так як трактор повинен бути привабливим для покупця. Сучасні методи обробки дозволяють отримувати деталі складних форм з усіх перелічених матеріалів.

Було обрано утилітарний стиль для відображення сутності виробу – даний робот призначений для того, щоб виконувати певні роботи, а не лише бути виставковим експонатом, тому широко використані прямі поверхні та чітко виражені кути. Для доступу до акумуляторів, баків, електронних компонентів, передбачені люки. Люки великих габаритів розташовані у заглибленнях, ребра яких підвищують жорсткість корпусу.

Кольорове оформлення робота було вирішено зробити білим із виділенням окремих декоративних елементів зеленим кольором. Білий відображає те, що робот не створює викидів, а зелений – підкреслює те, що робот є дружнім до навколишньої середовища, створений для збереження природних ресурсів.

В якості матеріалу обрано пластик, так як він більш дешевий у виробництві, не кородує при контакті із вологою.

Проектування зовнішнього вигляду корпусу почалося з малювання пошукових ескізів (див. рис. 2.20), для того, щоб із запропонованих варіантів обрати той, що на думку команди буде найбільш доречним для робота-трактора. Після того, як був обраний ескіз, було змодельовано корпус у програмі SolidWorks. Так як до пошукових ескізів, виконаних вручну не ставиться задача відображати об'єкт у строгій геометричній відповідності, лише задає загальну стилістику, то кінцевий дизайн був сформований у CAD-програмі, із прив'язкою до моделі трактора. Кінцевий рендер також був отриманий у програмі SolidWorks (див. рис. 2.21).

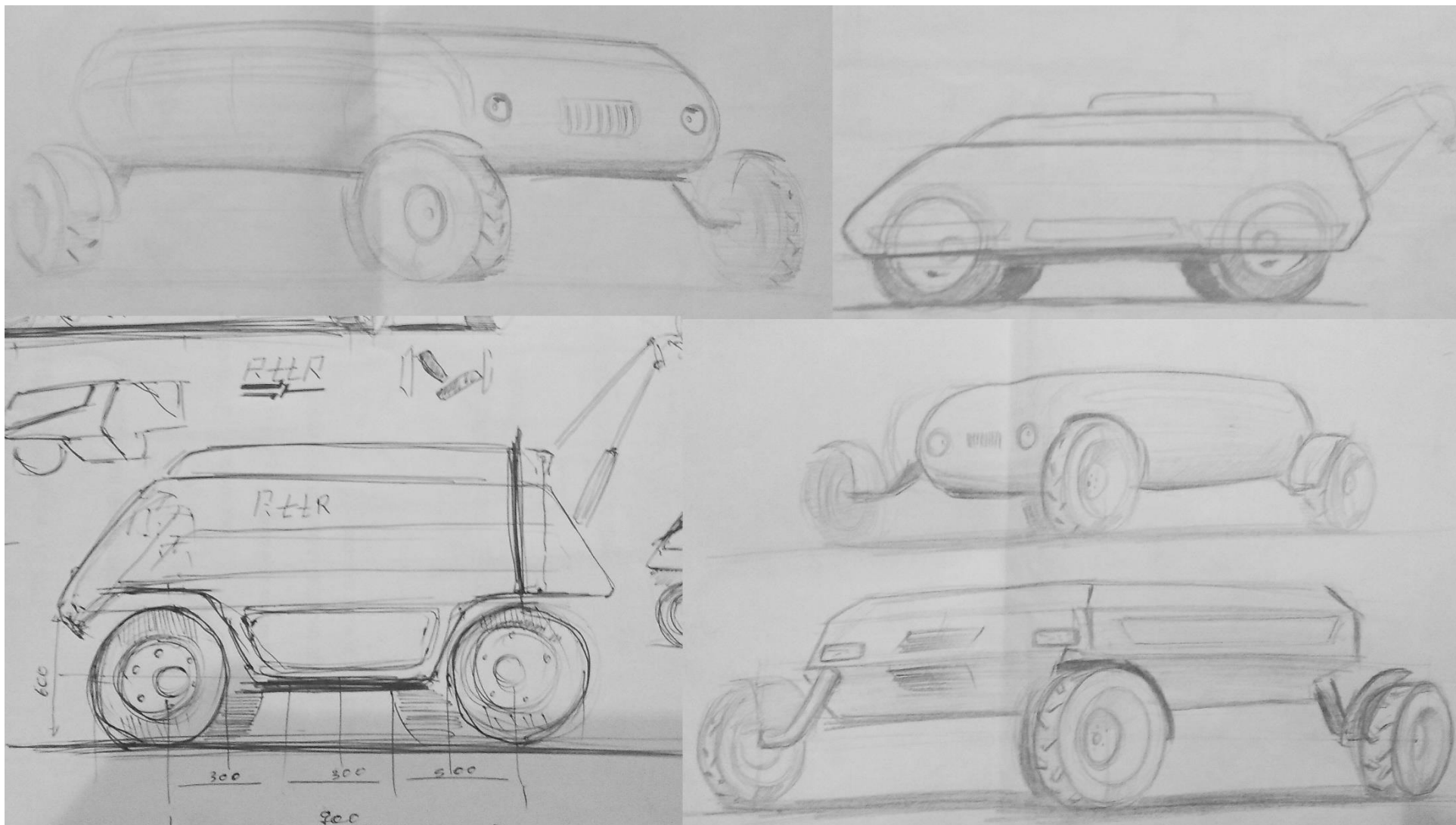


Рисунок 2.20 – Пошукові ескізи дизайну робота-трактора

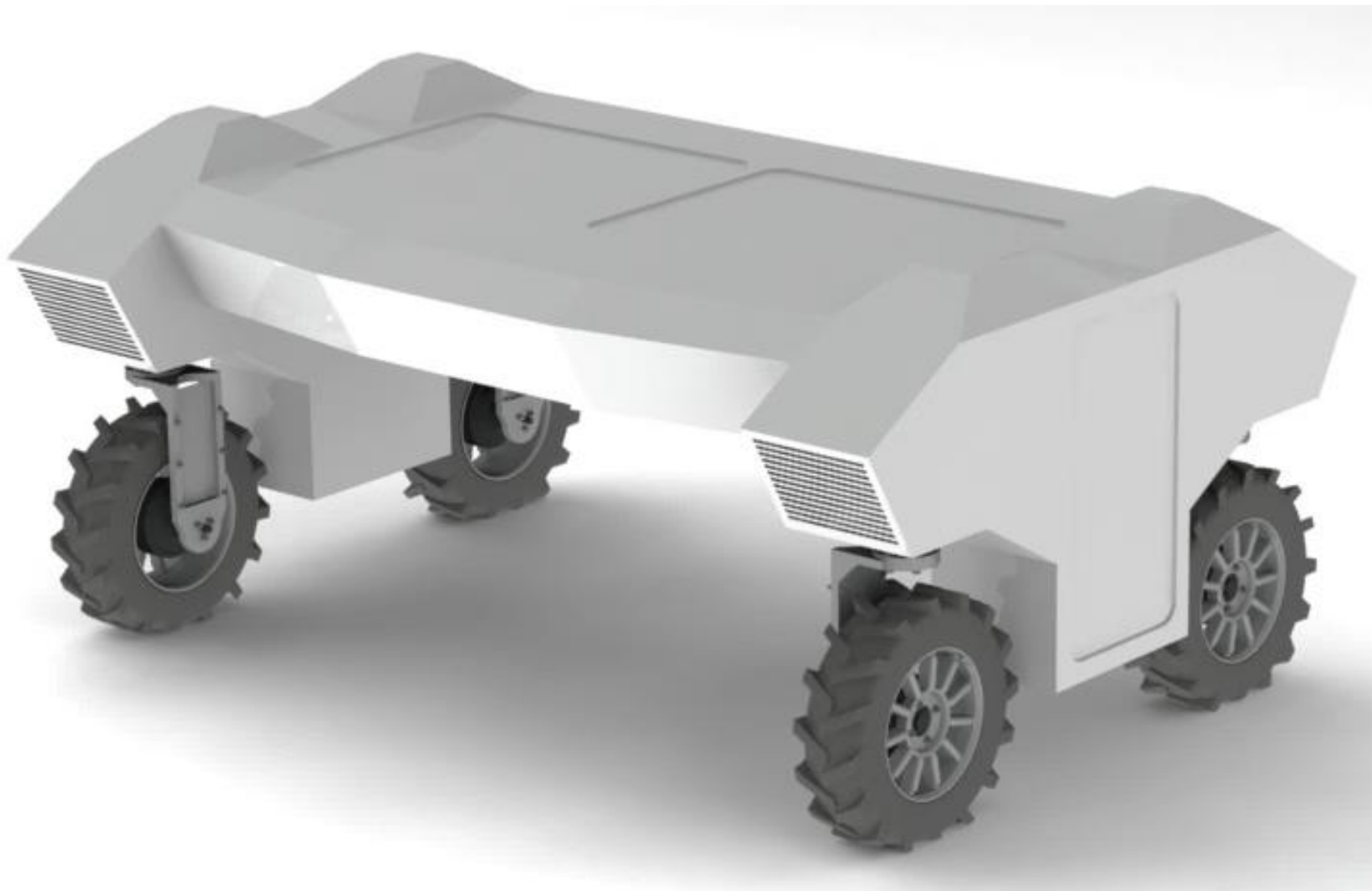


Рисунок 2.21 – Рендер робота-трактора

Висновки по розділу

На основі аналізу ринку й наявних технічних рішень робота-трактора для зрошування у сільському господарстві розроблена нова концепція, яка повністю пристосована до вимог точного землеробства. Визначені основні технічні характеристики, відповідно до яких повинен проектуватись робот-трактор. Застосування сучасних інформаційних технологій при проектуванні робота трактора дозволило скоротити час на проектування й забезпечити вищу степінь обґрунтованості інженерних рішень.

Дослідження окремих частин робота показали, що розроблена конструкція та матеріали здатні витримати заплановані навантаження. Частина елементів розроблена із запасом міцності на той випадок, якщо на цій же самій базі буде створена більш вантажопідйомна модель.

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИГОТОВЛЕННЯ МАКЕТУ FLIBot

Для повноцінного дослідження робота-трактора необхідна наявність прототипу, на якому будуть досліджуватись прохідність, максимально допустимі кути нахилу корпусу відносно поверхні, системи навігації та керування, а також тестуватись програмне забезпечення. Крім того наявність прототипу є вагомим плюсом при пошуку інвесторів. Працюючий прототип, який здатний рухатись, та виконувати певні роботи може краще донести основну ідею проекту, ніж сухі теоретичні розрахунки. Крім того прототип повинен бути естетично привабливим, так як перше враження складається саме на основі зовнішнього вигляду.

Отже, прототип повинен відповідати наступним умовам: функціонально бути наближеним до серійного виробу, мати аналогічний набір електроніки, мати такі ж самі масово-габаритні характеристики та візуально бути схожим на готовий виріб. Для вирішення поставлених задач можна застосувати масштабний прототип, зменшений у 5 разів. Єдина задача, вирішення якої в цьому випадку ускладнюється, це дослідження максимальних кутів нахилу. Для вирішення цієї проблеми необхідно, щоб центр мас робота та прототипу співпадали, для чого можна використовувати додатковий баласт.

3.1 Базові технології виготовлення

Прототип умовно можна поділити на декілька складових. Це рама, колеса, електронна система, корпус. Механізм регулювання ширини було вирішено не відтворювати на прототипі, так як дослідження кутів нахилу будуть проводитися лише для більш несприятливих умов – коли колія трактора дорівнює 2400 мм. Крім того знехтували змінним обладнанням, залишивши лише постійно встановлену поливальну штангу.

Так само, як і в розробленому роботі рама необхідна для закріплення усіх інших компонентів. Так як задачі досліджень на міцність не ставилися перед цим елементом, то можемо обрати будь який зручний для нас матеріал. Так як для виготовлення рами повноцінного робота було обрано трубу прямокутного перетину 20x20 мм, то для наочності можна виготовити раму із листових матеріалів із товщиною 4 мм. Крім того таку раму після зняття функціональних елементів прототипу можна використовувати в якості макету, встановивши масштабні копії функціональних елементів повноцінного робота, такі як двигуни, камери, антени, акумулятори та інше. На ринку у вигляді листів товщиною 4 мм можна придбати сталь, фанеру та пластик. Від сталі в якості матеріалу відмовились, так як вона більш складна у обробці, ніж фанера чи пластик та має більшу удільну вагу, більша міцність сталі при виготовленні макету не є перевагою, так як пластики та деревина забезпечують достатню міцність. При виготовленні масштабних копій з пластику традиційно використовується полістирол, так як він легко оброблюється, добре склеюється як спеціальними клеями, так і розчинниками, легко фарбується фарбами на різних основах (найчастіше використовуються акрилові та нітрофарби). Проте лазерна різка полістиролу залишає після себе дефекти на кромках, та є дорогою [35], а інші методи різання не представлені на доступному нам ринку. Тому було обрано фанеру товщиною 4 мм, яка є найбільш дешевим матеріалом з перелічених, на ринку доступна як лазерна так і фрезерна обробка цього матеріалу. Так як фрезкування, на відміну від лазерного різання, не дає змогу отримати кути без заокруглень, було вирішено формувати деталі шляхом лазерної різки. Також із цього матеріалу було виготовлено поливальну штангу.

Найпростішим шляхом для отримання коліс для макету є вибір готового колеса від іграшкового транспорту, або візків, проте не було знайдено зразка, який би відповідав обраному колесу робота у масштабі. Крім того колесо повинно мати кріплення до двигуна, тому було вирішено виготовити колесо,

зменшене у 5 разів із необхідними посадочними поверхнями. Нам були доступні технології *FDM 3D* друку та обробка на трьохосьовому фрезерному верстаті з ЧПК. Так як двигун геометрично розташований всередині колеса, то при застосуванні субтрактивних технологій ми стикаємося із значними витратами матеріалів, що перетворюються у стружку. Крім того за одну установку було неможливо отримати наскрізні отвори. Тому було обрано друк на *3D* принтері.

Електронна система прототипу не є зменшеною копією, тому складається із готових рішень, доступних на ринку. Так це електродвигуни із зворотнім зв'язком та бортовий комп'ютер. Для імітації процесу обприскування необхідні форсунки та насос. Також необхідна камера, для захвату зображення та відпрацювання системи розпізнавання образів.

Корпус у прототипу грає виключно естетичну роль, тому немає необхідності виготовляти корпус із водо- та пилонепроникних матеріалів. Можна виготовити корпус із різних матеріалів: листовий пластик, картон чи папір, скловолокно. Було вирішено виготовити корпус використовуючи матриці для виклеювання, так як це дозволяє отримати великі корпусні деталі складної форми. В якості матеріалу корпусу було обрано папір, якому придано форму за допомогою технології пап'є-маше. На відміну від скловолокна, з якого також можна виконати корпус, використавши ті ж самі матриці, папір та клей простіший у роботі, ніж склотканина та смоли. Форма матриць була отримана із МДФ шляхом фрезерування на верстаті з ЧПК. Через обмеження в робочій площині та висоті заготовки, було виготовлено збірну форму, яка була склеєна після обробки різанням. Після виклеювання форми її необхідно обробити за допомогою абразивного паперу для придання зменшення шорсткості поверхні, після чого її можна фарбувати, або обклеювати самоклеючою плівкою.

Розробка прототипу велася за допомогою CAD-систем. Було зроблено збірку, що відтворює прототип робота. Рамна частина робота представлена центральною рамою із габаритами 240x400x60 мм (див. рис. 3.1), двома

симетричними модулями приводу (див. рис. 3.2), та акумуляторного модулю (див. 3.3). Акумуляторний та привідні модулі збираються у макет бічного модуля (див. рис. 3.4).

Для базування деталей між собою передбачені шипи та пази, саме для коректного виготовлення цих елементів було обрано лазерну різку деталей. Кожен окремий модулю склеюється з декількох деталей (див. рис. 3.4), після чого модулі збираються за допомогою болтових з'єднань, для яких передбачені отвори (див. рис. 3.5).

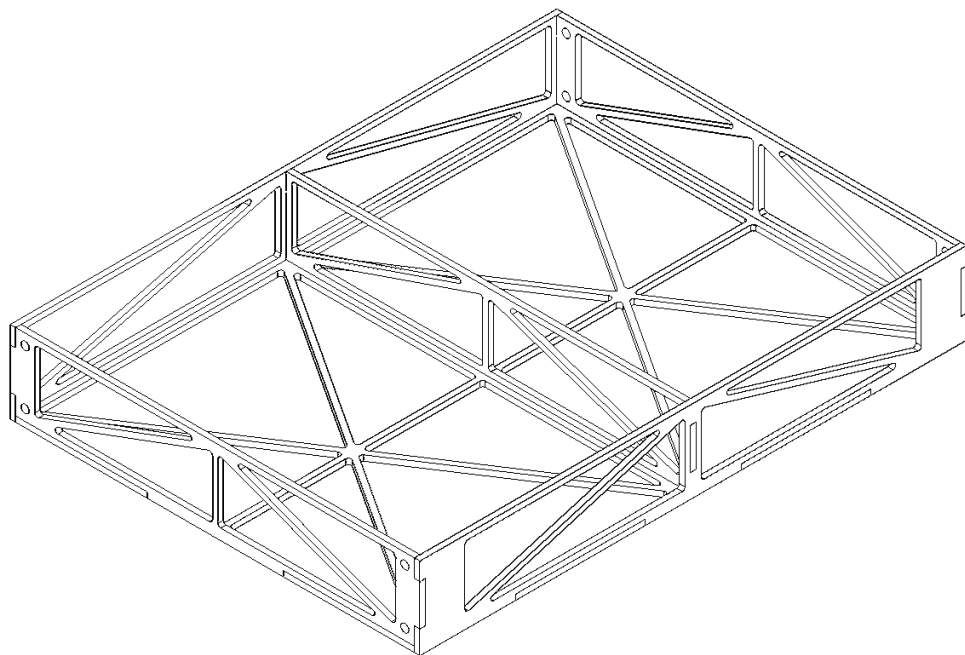


Рисунок 3.1 – Модель центральної рами прототипу

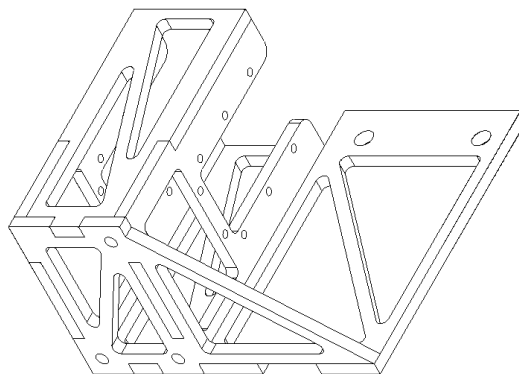


Рисунок 3.2 – Модель модулю приводу прототипу

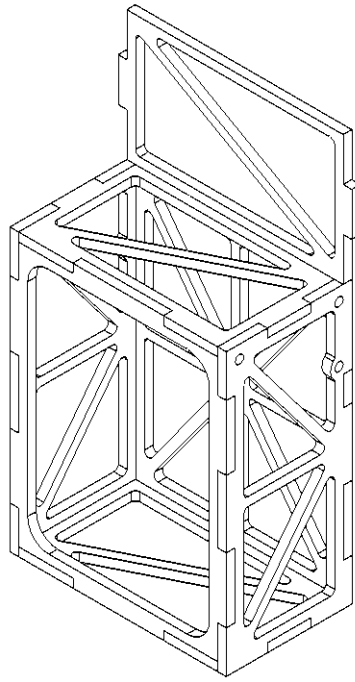


Рисунок 3.3 – Модель аккумуляторного блоку прототипу

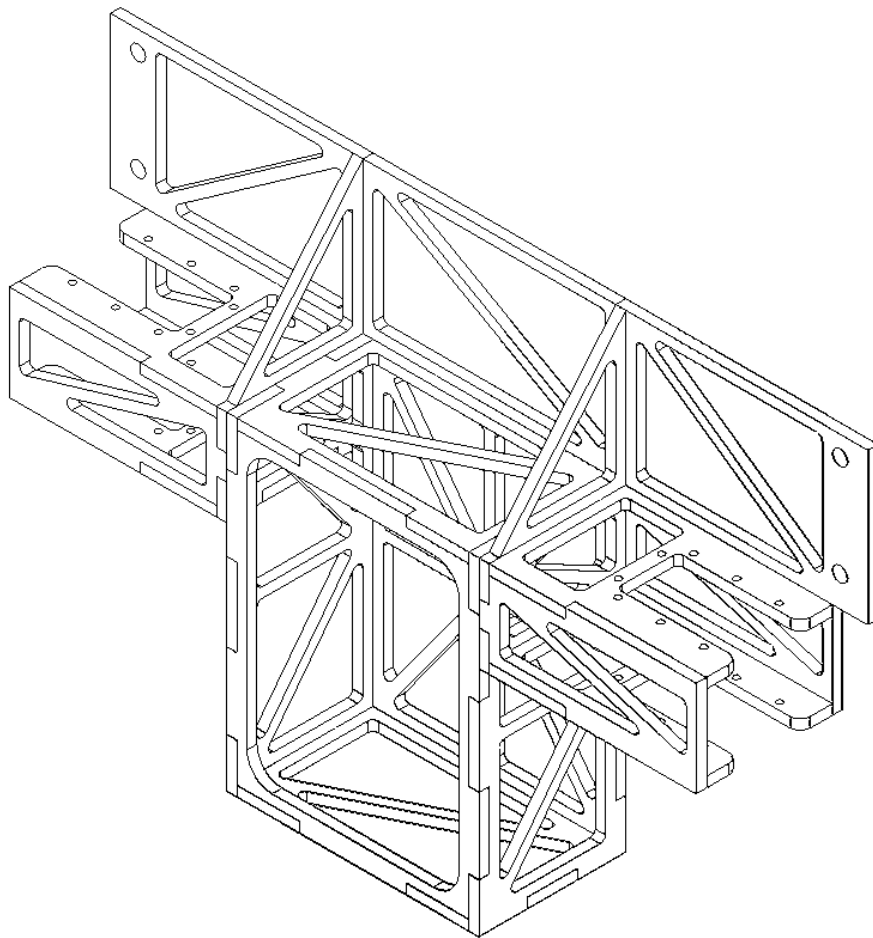


Рисунок 3.4 – Модель ходового модулю прототипу, зібраний з аккумуляторного, та двох модулів приводу

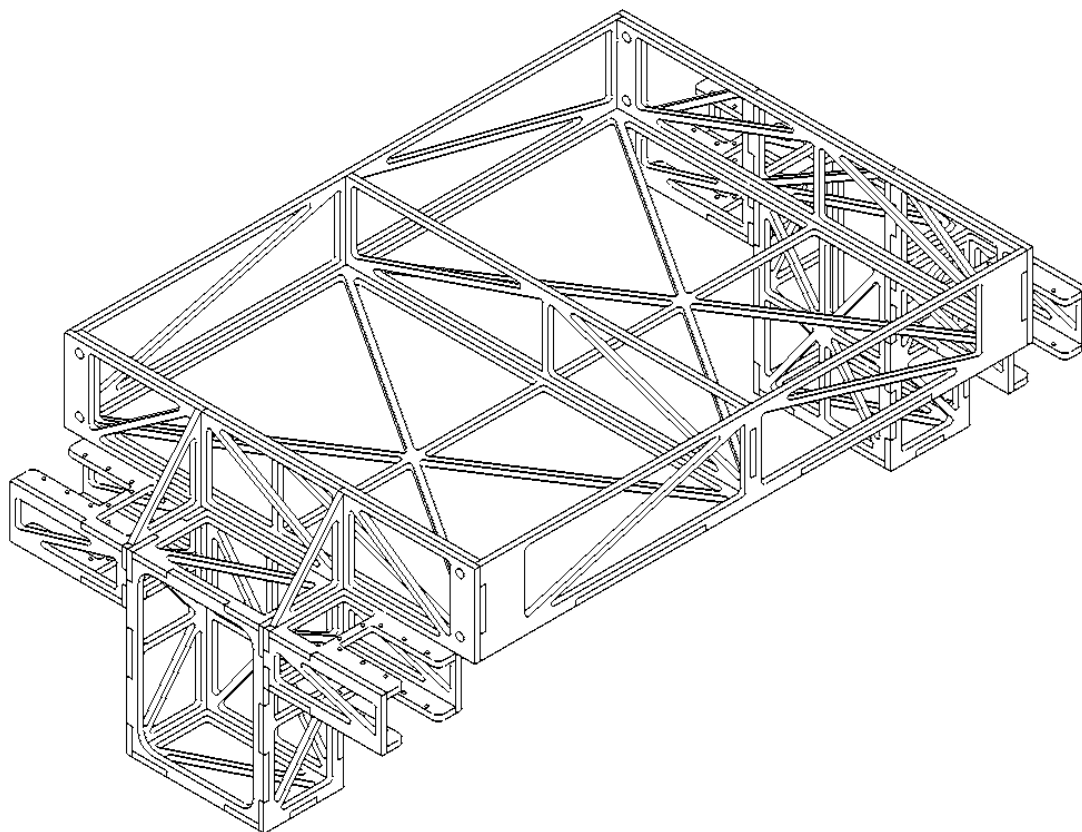


Рисунок 3.5 – Модель рами прототипу

За аналогічною технологією виконується імітація поливальної штанги, разом із кріпленням, яке дозволяє регулювати висоту штанги відносно поверхні.

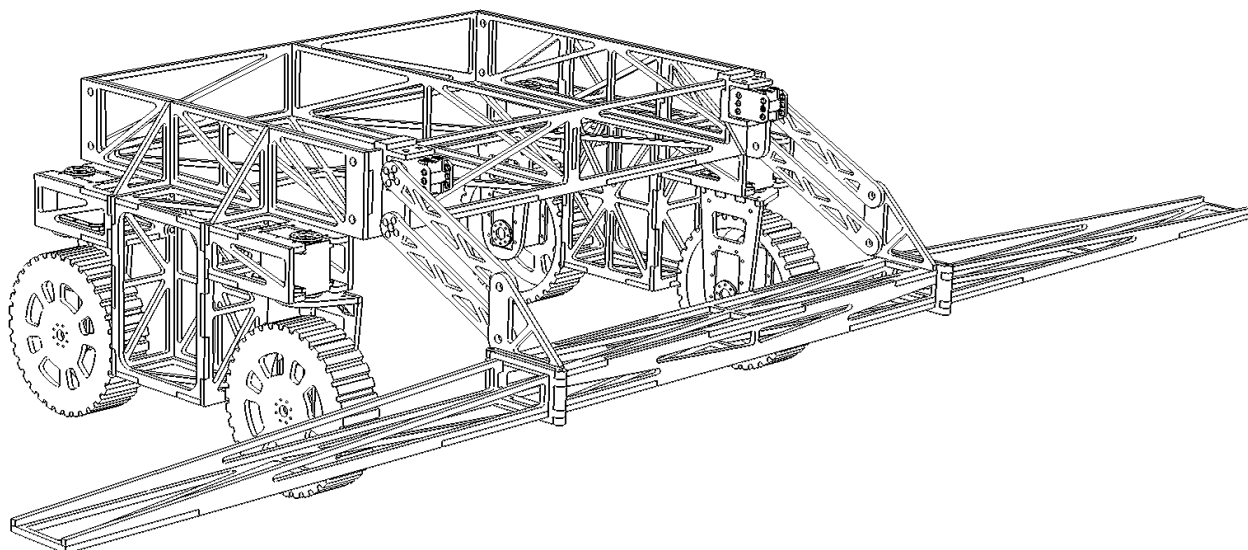


Рисунок 3.6 – Модель прототипу робота-трактора (без обвісу)

Розробка корпусу робота-трактора також велася у CAD-програмі, де використовуючи поверхні окремих модулів, та опираючись на обрану для робота стилістику було виконано модель матриць (див. рис. 3.7).

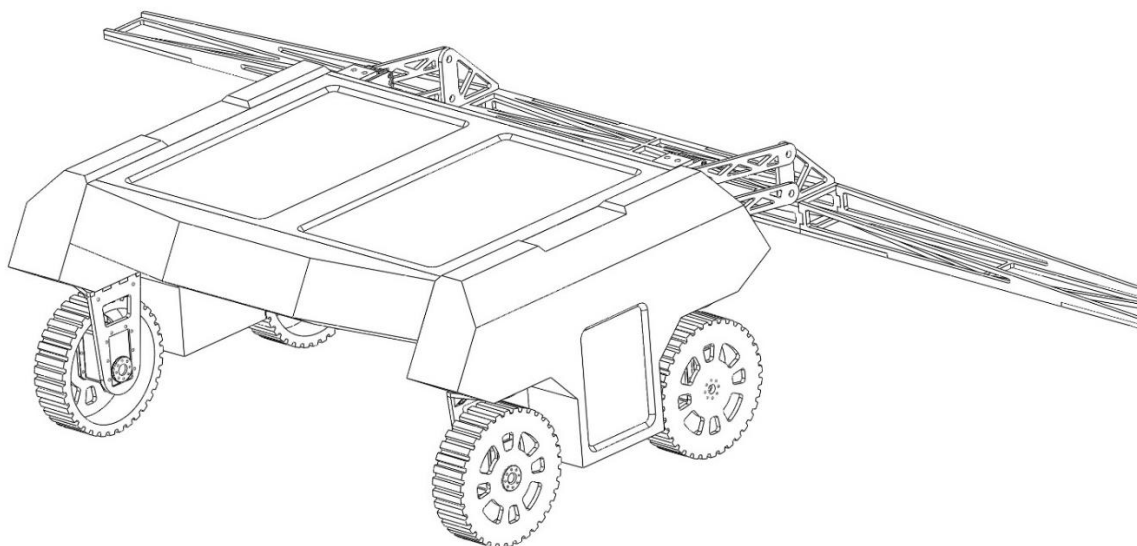


Рисунок 3.7 – Модель прототипу разом із матрицями корпусу

Для того, щоб деталі корпусу гарантовано становилися на прототип, було вирішено виклеювати корпус навколо матриці, а не виклеювати всередині матриці. Така технологія мінімізує можливі похибки посадочних поверхонь,

проте ці поверхні є внутрішніми. Отже зовнішні поверхні, які видні спостерігачу при роботі робота, будуть отримані нерівними, що характерно для усіх технологій, подібних до обраної. Для вирішення цієї проблеми після виклеювання поверхня буде додатково зашпакльована, оброблена абразивом та обклеєна плівкою. Плівка дозволить скрити недоліки та дасть привабливу глянцеvu окраску. Альтернативний варіант – фарбування, так як корпус прототипу виготовлений з паперу, то можна використовувати широкий вибір основ для фарби.

Матриця корпусу центрального модуля складається з трьох частин: носової, центральної та задньої (див. рис. 3.8). Верхня та задня площини матриці співпадають із відповідними площинами рами трактора.

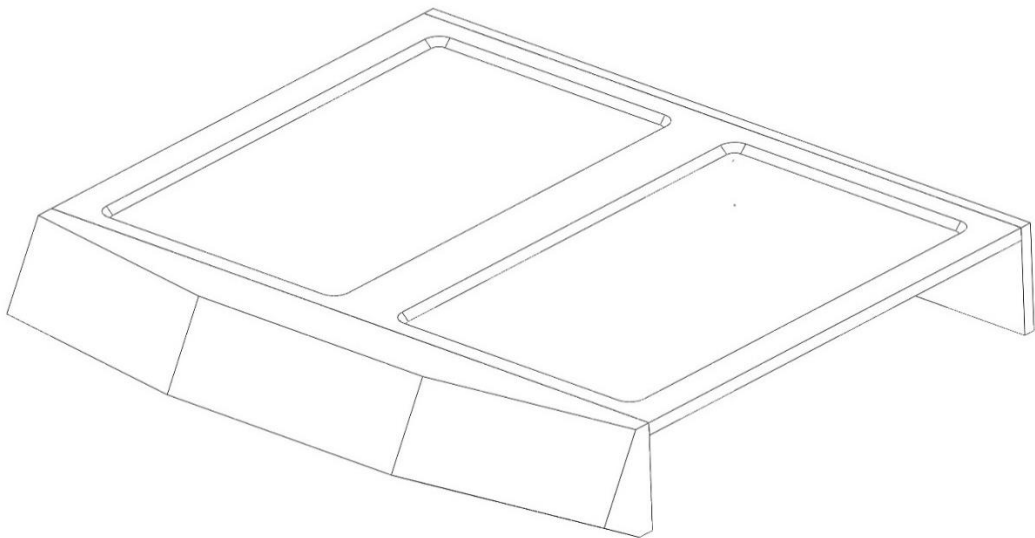


Рисунок 3.8 – Модель матриці центральної частини корпусу

Так як обраний спосіб виготовлення матриці – фрезерування на верстаті з ЧПК не дозволяє отримати замки для базування деталей одна відносно іншої, то при склеюванні деталей вони будуть виставлятися за допомогою плоскої площини та кутників. Так як корпус ходового модуля симетричний, то можна обмежитись виготовленням однієї матриці для двох корпусів.

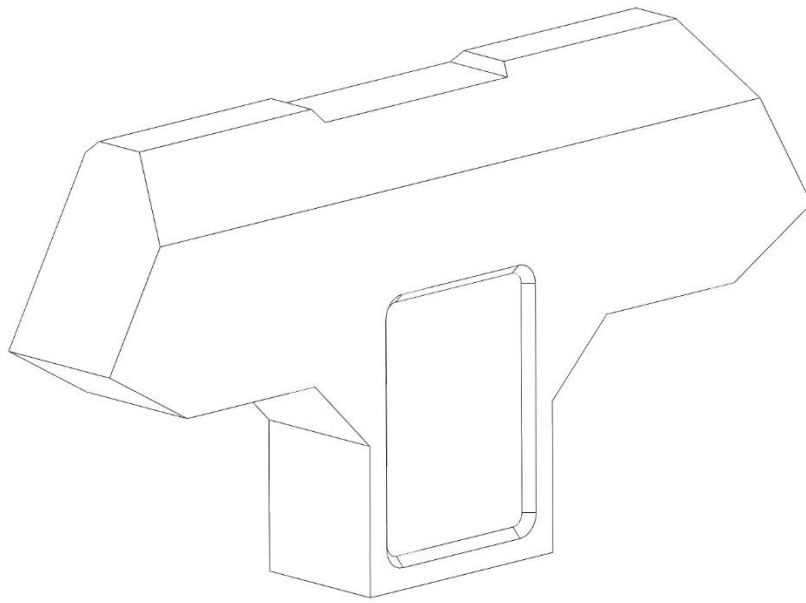


Рисунок 3.9 – Матриця корпусу ходового модуля

Проте, така розбивка на деталі не є кінцевою, так як габарити отримуваної деталі обмежується висотою доступної заготовки та робочою площиною станка.

3.2 Виготовлення прототипу

Після закінчення процесу проектування перейшли до виготовлення прототипу. Першим у виробництво пішли рамні деталі – у CAD-системі були зроблені необхідні макети для різання деталей, які були відправлені на підприємство, яке займається лазерним різанням листових матеріалів (рисунок 3.10).

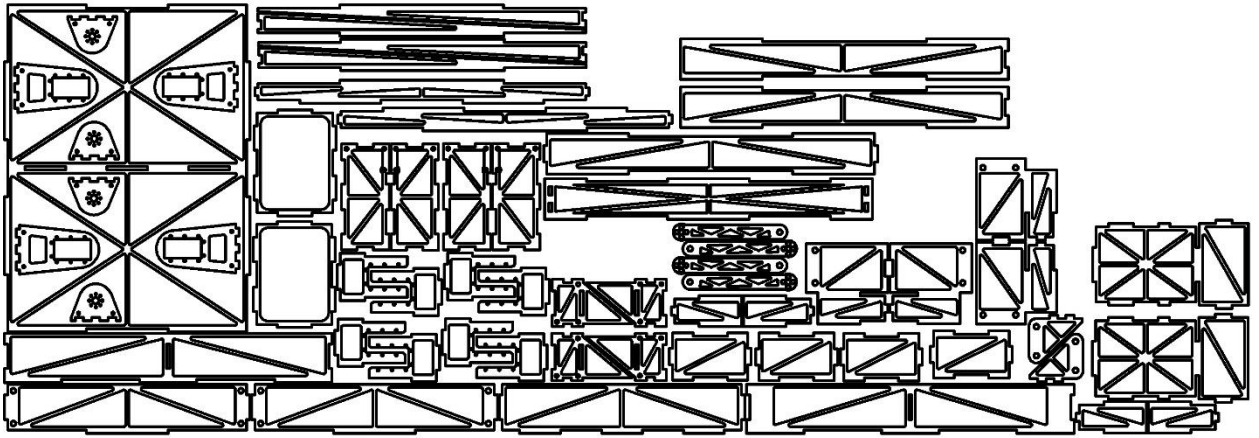


Рисунок 3.10 – Макет розкладання деталей прототипу для лазерної різки

Відповідно до інформації, наданої виконавцем на їхньому сайті [36], розміри робочих столів – 2160x1560 мм, ширина лазерного різку складає від 0,1 до 0,3 мм, фанера товщиною 4 мм оброблюється із швидкістю 1000мм/хв, вартість різки складає 5,20 грн за погонний метр. Вартість обробки разом із матеріалом становила 350 грн.

Отримані після різання деталі були отримані у вигляді декількох пакунків, в яких містилися як деталі, так і обрізки (див. рис. 3.11).



Рисунок 3.11 – Отримані після різання деталі

Перед початком склеювання деталі були відсортовані від обрізків, та була проведена пробна збірка без клею, для перевірки того, що деталі стикуються між собою (див. рис. 3.12).

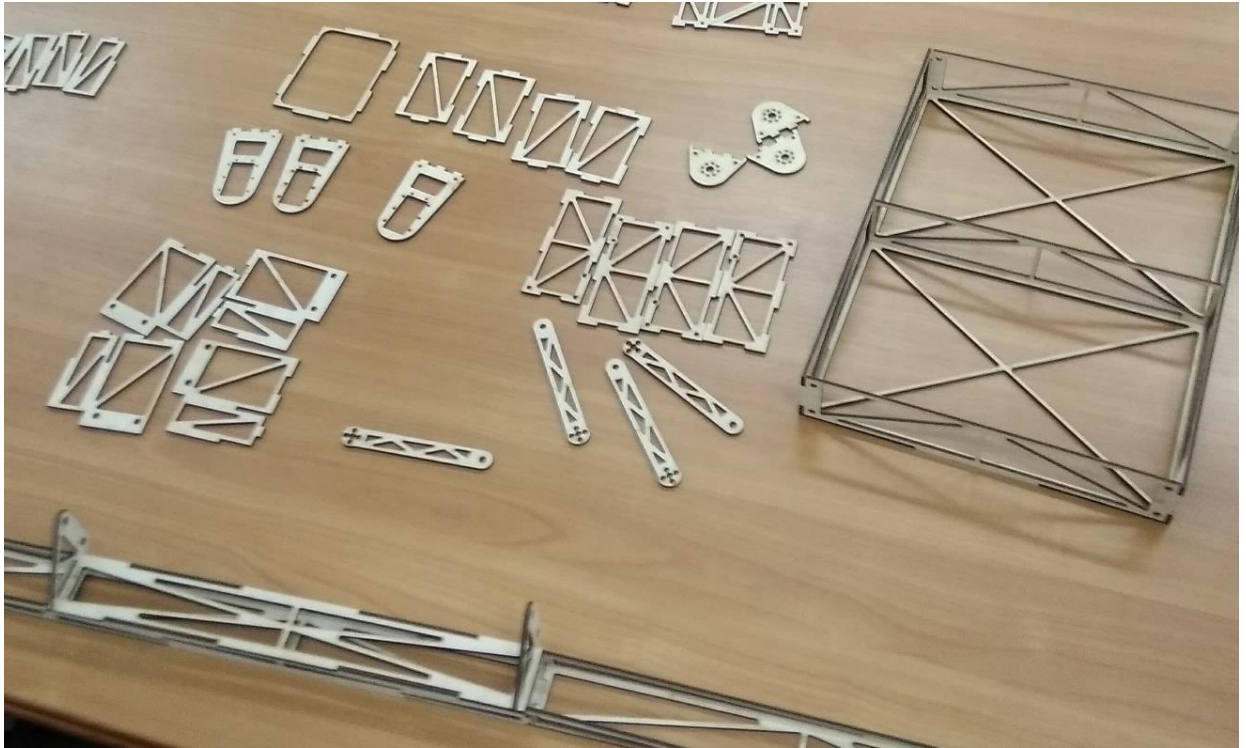


Рисунок 3.12 – Сортування та пробна збірка

Після того, як було визначено, що всі деталі наявні, та правильно стикуються між собою, перейшли до етапу склеювання. Клеїли деталі між собою за допомогою клею ПВА-К, для фіксації на час склеювання застосували канцелярські резинки та сірники, які утримували деталі у потрібному положенні (див. рис 3.13 та рис. 3.14). Для того, щоб витримати прямий кут між деталями поворотної консолі було застосовано пластикові направляючі прямокутного профілю (див. рис 3.15).



Рисунок 3.13 – Процес склеювання

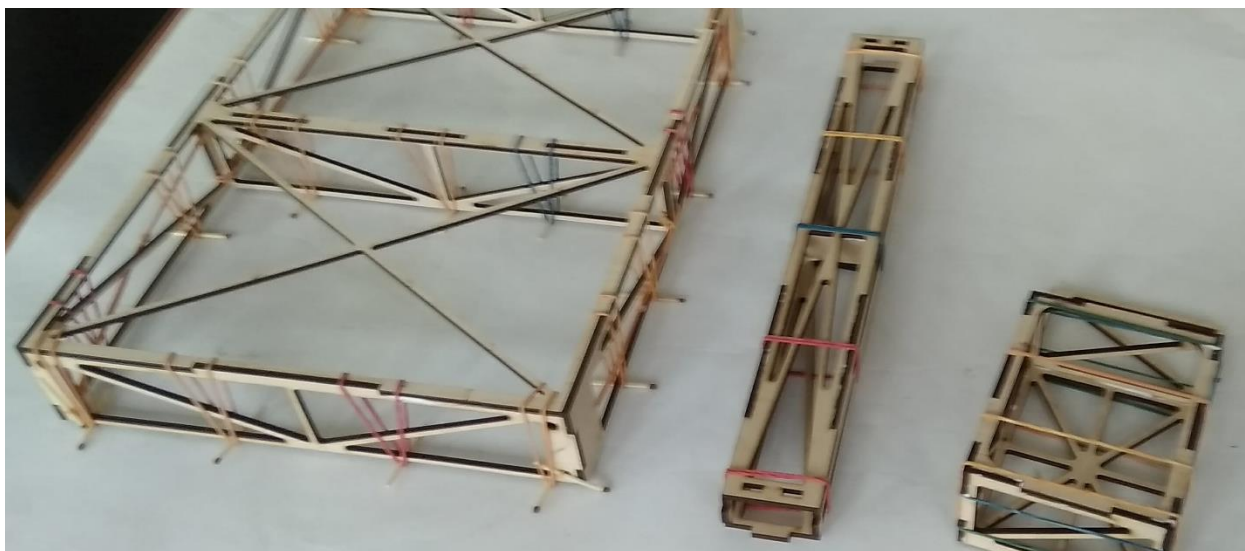


Рисунок 3.14 – Зафіксовані деталі під час висихання клею

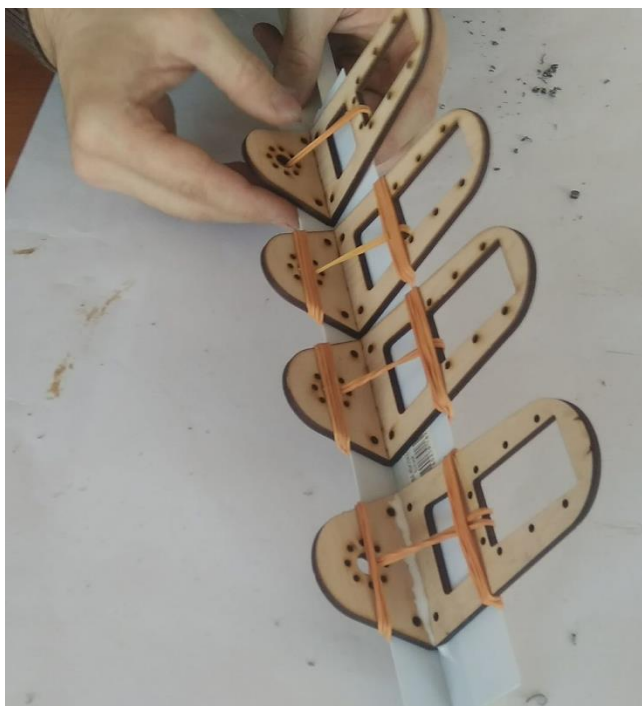


Рисунок 3.15 – Використання пластикової направляючої для отримання прямого кута

Для виготовлення матриці корпусу прототипу робота-трактора була обрана пластина МДФ товщиною 38 мм, та застосований трикоординатний фрезерний станок із ЧПК, мод. FGS 3925 (див. рис. 3.16). Основні характеристики станка наведені у таблиці 3.1, згідно до інформації з сайту виробника [37]. Так як для матриці корпусу центральної частини не є принциповою товщина верхньої та задньої деталі матриці центральної частини (див. рис. 3.8), то було виготовити їх, використавши будівельний ламінат, товщиною 7 мм.

Робоча площа станка – 390x250 мм, отже усі деталі необхідно розбити на більшу кількість деталей менших габаритів, та розташувати їх на робочій площині так, щоб мінімізувати витрати матеріалу. Носова частина із габаритами 400x60x56 мм була розбита на 5 деталей (див. рис. 3.17).

Верхня та задня частини також були розділені на три частини кожна, розміри яких обмежувались габаритами наявних листів ламінату та робочою площиною станка (див. рис. 3.18).



Рисунок 3.16 – Станок FGS 3925, на якому проводилася обробка деталей (<https://sapr.ru/article/20602>)

Таблиця 3.1

Основні технічні характеристики верстату FGS 3925

Потужність, кВт	0,75
Максимальна швидкість обертання, об/хв	18000
Робоче поле XxYxZ, мм	390x250x100
Максимальна швидкість подачі, м/хв	2,5
Габаритні розміри LxBxH	790x520x640

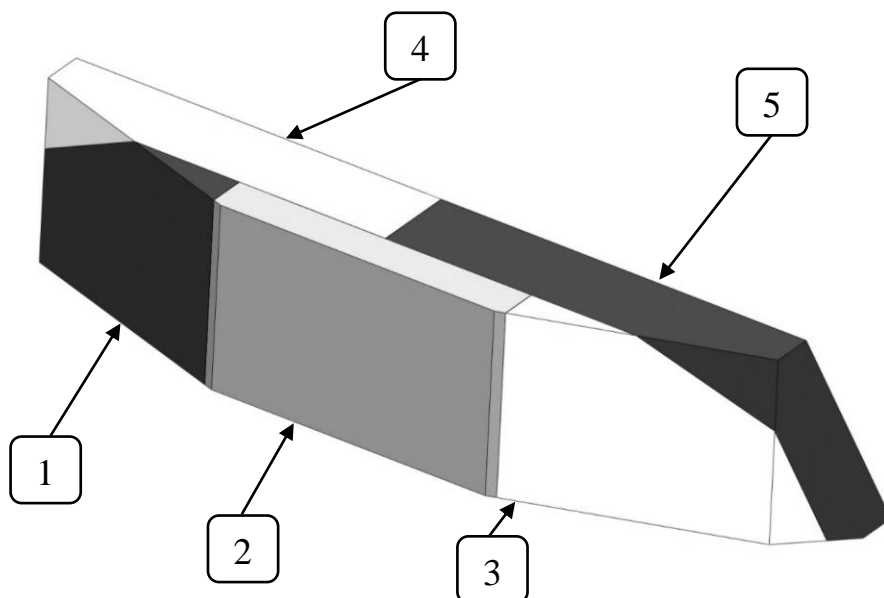


Рисунок 3.17 – Поділена на елементи частина носова деталь матриці

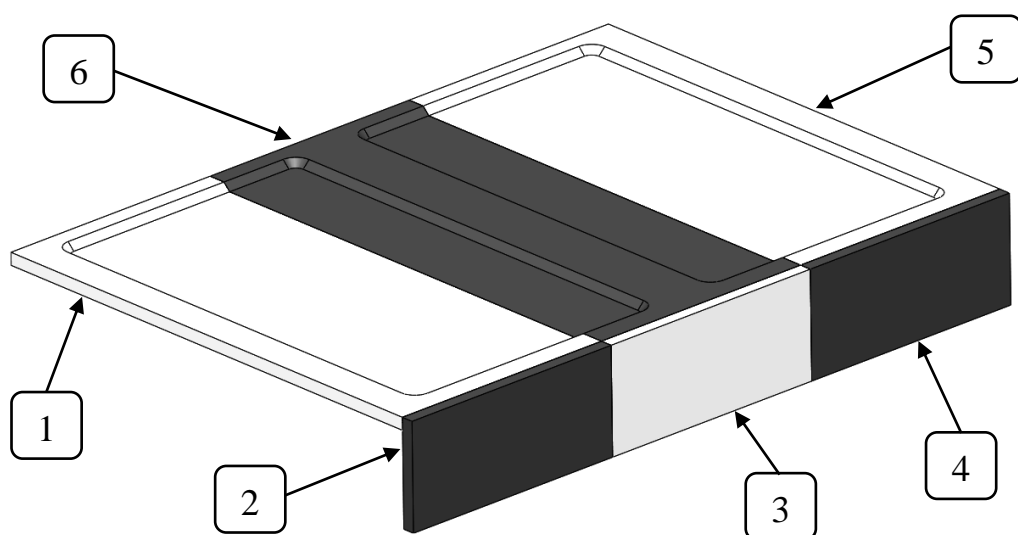


Рисунок 3.18 – Поділені центральна та задня частини матриці

Бічна частина також була розділена на окремі елементи, через декілька причин: висота матриці більша, ніж 38 мм, ширина перевищує робочу зону станка, а зворотна сторона матриці має фаску, яку неможливо обробити з однієї установки. Проте, так як розділення на мінімальну частину деталей

давало значну витрату матеріалу, який видаляється, під час обробки різанням, було вирішено розділити цю матрицю не на 4, а на 6 деталей (див. рис. 3.19)

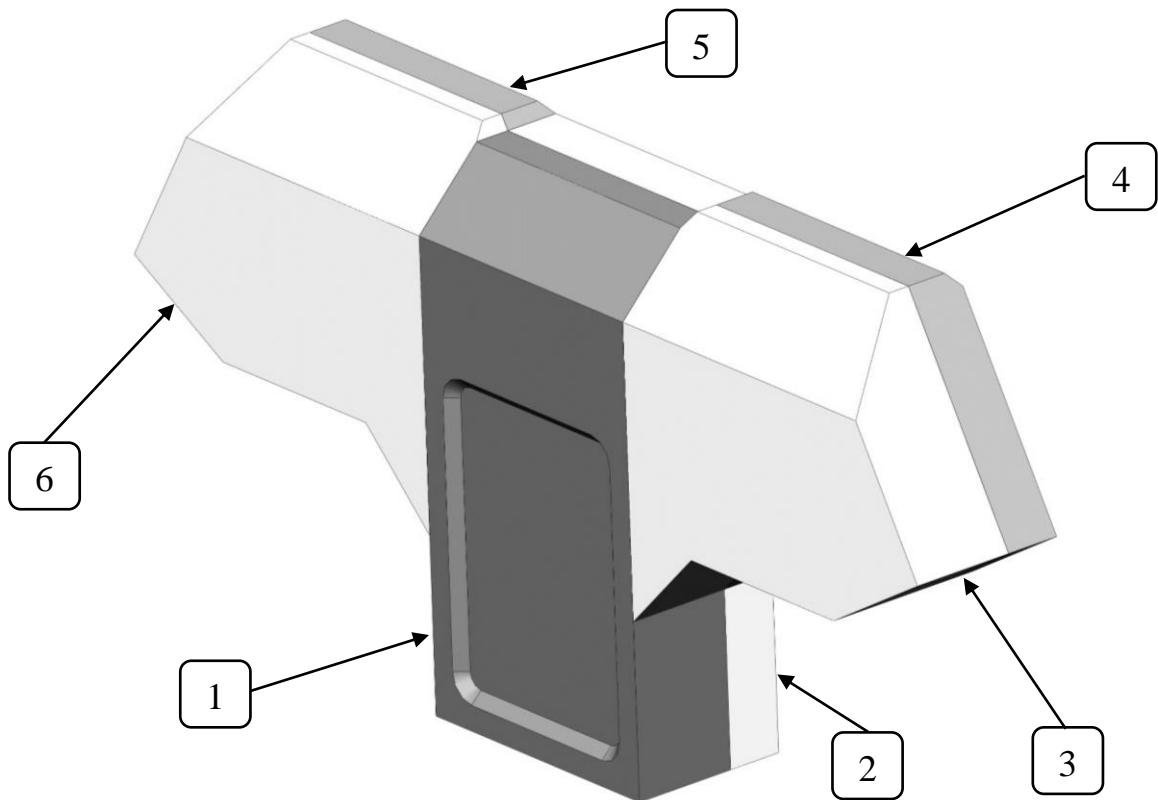
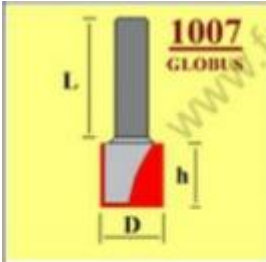


Рисунок 3.19 – Поділена на елементи матриця корпусу ходового модуля

Після розділення матриць на окремі деталі були порізані заготовки з МДФ: три заготовки 300x200 мм і одна заготовка 260x200 мм (див. рис. 3.21). Чорнова обробка виконувалася циліндричною кінцевою фрезою, чистова – сферичною фрезою. Циліндрична кінцева фреза – Globus 1007-D8, діаметр фрези та хвостовика – 8 мм, кількість зубів – 2, матеріал – швидкоріжуча сталь. геометричні характеристики наведені на рисунку 3.20. Для чистової обробки застосовувалася сферична фреза діаметром 8 мм, кількість зубів – 2, матеріал – швидкоріжуча сталь.

На рис. 3.23 наведено приклад деталей, отриманих із однієї заготовки, габаритами 300x200 мм. З ліва на право: дет. №1 з рис. 3.18, дет. №2 з рисунка 3.18 та дет. №2 з рис. 3.16. Час від закріплення заготовки до отримання набору готових деталей склав 3,5 год. Деталі технологічної підготовки наведені у

додатку. Отримані деталі були склесні у матриці. Процес виклеювання деталей приведений на прикладі обвісу для ходового модуля.



D	h	L	d
8	30	60	8
10	30	60	8
12	30	60	8
14	30	60	8
16	30	60	8
18	30	60	8
20	30	60	8
14	40	80	12
16	40	80	12
18	40	80	12
21	40	80	12
25	16	40	8
30	16	40	8
40	16	40	12
50	16	40	12

Рисунок 3.20 – Геометричні параметри фрези (<https://frezy-globus.ru/kontsevye-frezy-globus>)

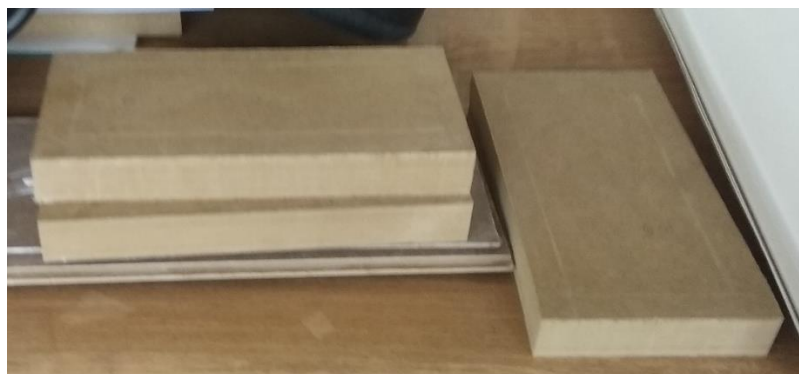


Рисунок 3.21 – Заготовки для виготовлення матриць



Рисунок 3.22 – Різання деталей матриці

Технологічна підготовка деталей до виробництва проводилася у програмі ArtCam. Це програмне забезпечення дозволяє автоматично отримати керуючу програму. Перед генерацією програми на віртуальній робочій площині були розташовані деталі, які будуть отримані із однієї заготовки. Оброблення кожної деталі проходило в три етапи: чорнове оброблення, оброблення сферичною фрезою, в тому разі, якщо деталь має поверхні, що не є паралельними або перпендикулярними до площини робочого стола, та вирізання. Деталі були розташовані на мінімальній відстані у 8 мм, так як це виключає пошкодження деталей про вирізанні. Чорнове оброблення виконувалося циліндричною кінцевою фрезою, що описувалася вище. При цьому параметри фрези були вказані у ArtCam перед генерацією коду, для

того, щоб програма не створила код, при якому деталь буде різатися занадто глибоко. Так само і про обробці сферичною фрезою.

Заготовки на станку виставлялися вручну. Спочатку до заготовки із МДФ саморізами прикручувалися листи фанери, так, щоб уникнути зіткнення саморізу та фрези. Після чого заготовка із фанерою виставлялася на станку. Паралельність осей станка та заготовки виставлялася шляхом дотикання інструментом заготовки до двох найбільш віддалених точок заготовки, після чого остання фіксувалася, шляхом прикручування листів фанери до ламінату, закріпленого на станку. Так як на заготовках із ламінату оброблялася лише невелика частина площини, то при фрезеруванні тих деталей було використано притискачі.

Усі етапи оброблення проводилися із однаковими технологічними параметрами. Швидкість обертання – 14400 об/хв, подача – 1000 мм/хв. Глибина різання для циліндричної фрези – 15 мм, для сферичної – до 8 мм.

Матриці склеювались із застосуванням клею ПВА-К, після чого були змащені вазеліном, для того, щоб розділити деталь і матрицю. Перший шар паперу викладається без застосування клею, утримується на формі та тримає форму за рахунок товстого шару вазеліну, що просочує папір.



Рисунок 3.23 – Деталі матриці після обробки різанням

Перед викладенням усіх подальших шарів поверхня, на яку буде викладатися шматок паперу змащується клеєм. В якості клею використовувалася суміш ПВА-К та води. Останні шари виклеювалися нерозбавленим ПВА-К. Після викладення шару можна додатково промастити його клеєм. Так як геометрична форма деталі не дозволяє зняти її з матриці без різання, то за допомогою були зроблені надрізи у кутах деталі, для того, щоб мати змогу відігнути частини деталі. Після чого було виклеєно ще два шари паперу, для того, щоб закрити розрізи.

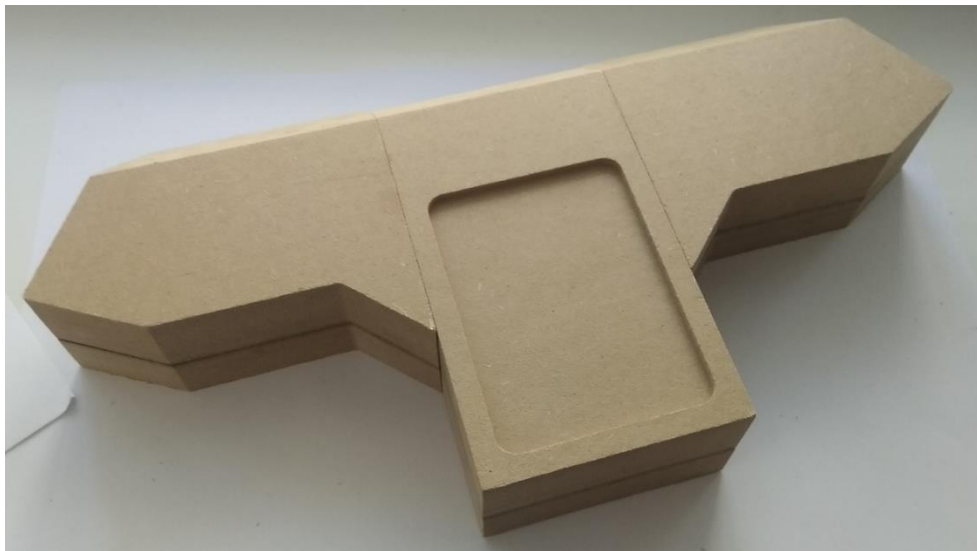


Рисунок 3.24 – Матриця для обвісу ходового модуля

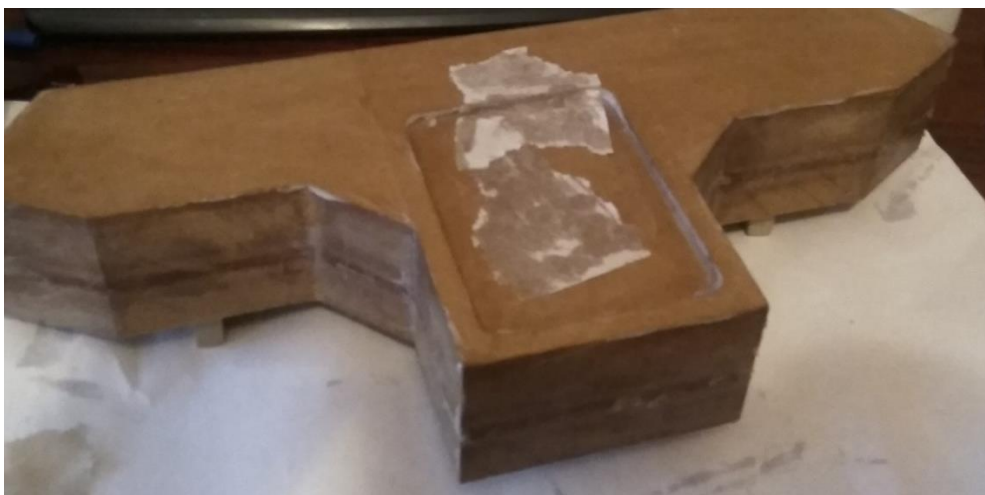


Рисунок 3.25 – Змащена вазеліном форма, на яку розпочато викладення паперу



Рисунок 3.26 – Форма, на яку викладено перший шар паперу



Рисунок 3.27 – Процес викладення другого шару паперу



Рисунок 3.28 – Не знята з матриці деталь із обрізаними залишками, червоним виділені лінії надрізів



Рисунок 3.29 – Деталь, знята з матриці

Наступними кроками є підготовка деталей до фарбування та саме фарбування. Для підготовки до фарбування необхідно обробити деталі абразивним інструментом, для того, щоб зробити поверхню більш гладкою. Фарбувати можна за допомогою акрилової автофарби, що продається у вигляді аерозолю.



Рисунок 3.30 – Внутрішня сторона деталі

Висновки по розділу

Створено й досліджено макет прототипу нового робота-трактора для зрошування у сільському господарстві. Спроектована та виготовлена рама макету прототипу, яка є зменшеною копією рами спроектованого робота. Проте, функціонал, порівняно, із повноцінним зразком, обмежений. Так відсутня функція регулювання ширини колії, а також немає змінного навісного обладнання. Корпус макету виготовлявся із паперу за технологією пап'є-маше із використанням матриць. Так як матриці при виготовленні не пошкоджуються та не зношуються, то їх можна використовувати для виготовлення більшої кількості комплектів корпусів з інших матеріалів та за іншими технологіями. Наприклад, використовувати в якості шаблонів для виготовлення з листових матеріалів, або для виклеювання зі склотканини із використанням двокомпонентних смол.

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ FLiBot

4.1 Опис ідеї проекту

Основною ідеєю є створення нового типу сільськогосподарського робота-трактора, який відповідає вимогам точного землеробства. Концепція та розробка має деякі спільні риси із роботами, що зараз знаходяться у розробці, проте не вийшли на ринок. Опис ідеї наведений у табл. 4.1.

Таблиця 4.1.

Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Автономний робот-трактор, що відповідає вимогам точного землеробства	Робота на фермах та агропромислових комплексах	Менший вплив людського фактору при обробці полів. Виконує усе згідно із програмою, що генерується програмним забезпеченням, відповідно до введених умов
Кероване зрошення та внесення добрив	Полив та удобрення.	Економія ресурсів
Регулювання ширини колії	Обробка різних рослинних культур	Немає необхідності мати парк різної техніки для обробки різних культур
Розпізнавання рослин	Робота на полі	Робот не буде удобрювати бур'яни та травити корисні культури

Визначимо слабкі (W), нейтральні (N) та сильні (S) сторони проекту. В якості конкурентів обрано AgBot II (№1), HortiBot (№2) та BoniRob (№3). Як показує аналіз (див. табл. 4.2), сильними сторонами проекту є стійкість, адаптивність та транспортабельність.

Визначений перелік слабких, сильних та нейтральних характеристик та властивостей ідеї потенційного виробу є підґрунтям для формування його конкурентоспроможності.

Таблиця 4.2.

Визначення сильних, слабких та нейтральних сторін проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	Товари/концепції конкурентів			
		проект	Конкурент 1	Конкурент 2	Конкурент 3
1	Вартість обслуговування	N	N	S	N
2	Вартість ремонту	N	N	S	N
3	Стійкість	S	S	W	W
4	Адаптивність	S	N	W	S
5	Доступне обладнання	S	N	W	S
6	Ремонтопридатність	W	N	S	N
7	Інформаційна виразність	S	S	W	N
8	Транспортабельність	S	W	S	W
9	Наявність викидів	N	N	W	N

4.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Визначимо необхідні для реалізації проекту технології, та проаналізуємо чи існують дані технології, і чи є вони доступними для нас.

Табл. 4.3 дозволяє вважати проект цілком реалізованим, так як усі необхідні технології присутні на ринку та застосовуються у різних галузях, проте не усі є доступними команді на даний момент.

Таблиця 4.3.

Технологічна здійсненність проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Використання електроприводу	Застосування мотор-колес	Наявна	+
2	Читання польових карт	Програмне забезпечення, що може читати та керуватися польовими картами	Наявна	+/-
3	Модульна структура	Зварні конструкції, зборка за допомогою метизів	Наявна	+
4	Можливість зміни ширини колії	Керування ширини колії за допомогою електропривода та контролерів	Наявна	+/-
5	Розпізнавання рослин	Система розпізнавання образів	Наявна	+/-
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: Даний проект є цілком реалізуємым, проте потребує певних допрацювань.				

4.3 Аналіз ринкових можливостей стартап-проекту

Загалом, стан стартапів в Україні на динамічному різні розвитку, проте інвестиційний клімат потребує інтенсивного розвитку. Варто зауважити, що IT-стартапи найлегше набувають популярності, причиною є легкість організації стартапу у цій сфері. Натомість стартапи у промисловості або у соціальній сфері достатньо важко розробити і розвинути в Україні.

В першу чергу це пов'язано з низькою зацікавленістю держави в інвестуванні інновацій, що обумовлено високою необхідністю залучення коштів.

Питання формування та управління інноваційною діяльністю, є передовими для оцінки інноваційного розвитку проекту. І останнім часом проблем формування та реалізації інноваційної політики дедалі більше. При впровадженні проекту, найважливішим моментом є потенціал ринкової

реалізації нововведення, тобто наявність чинників ринкового стану, здатність ринку сприймати ці інновації.

Для виходу на ринок необхідне проведення комплексного аналізу ринкових можливостей запуску стартап-проекту. Визначення ринкових можливостей та ринкових загроз дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів.

Аналіз ринку сільськогосподарських робіт ускладняється тим, що він поки що не має головних гравців, а обсяги продажів і прибутків тих, хто вже продає свої вироби у відкритому доступі відсутні.

Покупцями сільськогосподарських робіт є прогресивні власники ферм та агропромислових комплексів, які переходять, або вже перейшли, на технології точного землеробства. Крім того він може зацікавити тих, хто здає сільськогосподарську техніку в оренду.

Таблиця 4.4.

Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Обробка полів	Фермери та агропромислові комплекси	Різна кількість придбаних одиниць техніки	Надійність, ремонтпридатність, економність, наявність запчастин
2	Перехід до точного землеробства	Фермери та агропромислові комплекси	Різні вимоги до функціональності робота та рівня автоматизації його роботи	Автономна робота, економія ресурсів за рахунок нових технологій, вміння читати польові карти

Після визначення потенційних груп клієнтів було проведено аналіз ринкового середовища та визначено фактори, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та фактори, що йому перешкоджають (див. табл. 4.5 та табл. 4.6).

Таблиця 4.5.

Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Використання застарілої техніки і технологій на внутрішньому ринку	Традиційно поля обробляються великими тракторами та літаками	Рекламна компанія та популяризація точного землеробства
2	Недостатнє фінансування проекту	Нестача коштів для забезпечення розробки робота-трактора із усіма запланованими технологіями	Визначення інвестиційної привабливості проекту, представлення його інвесторам та представлення робочих прототипів
3	Конкуренція	Доступність великим фірмам більшої кількості технологій	Вдосконалення конструкції та зниження собівартості

Таблиця 4.6.

Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Перехід на систему точного землеробства.	Зріст попиту на високотехнологічну сільськогосподарську техніку.	Розвернути рекламну компанію на території України, розширити виробництво.
2	Вимоги покупців до екологічності продукції.	Збільшення продажів через вибір людьми рослин, що не підлягали хім. обробці.	Збільшення обсягу виробництва роботів-оприскувачів, розробка роботів із альтернативними методами боротьби з бур'янами.
3	Подорожчання палива.	Економічна доцільність використання електричних технологій.	Збільшення обсягу виробництва, розширення лінії роботів.

Наступним, після аналізу факторів можливостей та загроз, проводиться аналіз загальних рис конкуренції на ринку.

Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

№ п/п	Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства
1	Тип конкуренції - олігополія	Вирізняється невеликою кількістю виробників. Всі рішення про обсяги виробництва і ціни є взаємозалежними. Відчувається вплив рішень, які приймають конкуренти. Невелика кількість конкурентів (їх наявність відмінняє монополію)	Встигнути зайняти свою ринкову нішу до того, як на ринок вийдуть інші конкуренти. Зарекомендувати свій товар з кращої сторони.
2	За рівнем конкурентної боротьби – національний	Проект орієнтується більше на закордонний, ніж на український ринок, а усі потенційні конкуренти є закордонними розробками.	Є потреба досліджень, як українського ринку, так і міжнародного. Для українського ринку цей продукт є повністю новим, проте на міжнародний ринок вже вийшли сільськогосподарські роботи інших призначень.
3	За галузевою ознакою – внутрішньогалузева	Продукт використовується тільки однієї галузі.	Розвиток в середині галузі, посилювати конкурентні позиції.
4	Конкуренція за видами товарів	Виробляється схожий продукт однієї галузі, орієнтований на однакову сферу, тільки різними виробниками.	Бути кращим за усіх конкурентів. Покращення технічних характеристик. Рекламна кампанія, направлена на фермерів.
5	За характером конкурентних переваг - не цінова	Розроблений продукт має свої відмінності від розробок конкурентів.	Зниження собівартості продукту.
6	За інтенсивністю - марочна	Регульована ширина колії, здатність руху в будь якому напрямі та сонячні батареї повинні стати впізнаваними рисами FLIBot.	Реклама бренду.

Після аналізу конкуренції проводиться більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі, на основі якого робиться висновок щодо принципової можливості роботи на ринку. Проте, так як жоден із потенційних прямих конкурентів не вийшов на ринок, то наведена інформація є орієнтовною.

Таблиця 4.8.

Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Поста-чальники	Клієнти	Товари замітники
	AgBot II, HortiBot BoniRob	Thorvald II Dino	Українські постачальники металічних профілів та роликів. Електрообладнання – Китий, комп'ютерна техніка – країни Азії.	Європейські та американські сільські господарства. В разі підвищення популярності в Україні точного землеробства розширення на вітчизняному ринку.	Традиційні трактори.
Висновки:	Всі існуючі конкуренти знаходяться в процесі розробки та ще не вийшли на ринок.	Були заявлені відносно нещодавно, проте, дані про те, що вони досліджувалися на практиці, відсутні.	Постачальники не диктують умови на ринку, так як усі ці вироби використовуються і у інших галузях.	Клієнти диктують умови роботи на ринку, так як передбачається вихід декількох робіт із схожим призначенням, але різним набором функціоналу.	Трактори старих зразків не складають конкуренції, так як потребують дообладнання, при якому не досягнуть рівня технологічності і автоматизації роботи.

Сильною стороною проекту повинен стати ранній вихід продукту на ринок, так як тоді покупцям ще не будуть відомі інші сільськогосподарські роботи. Крім того, в Україні нижча вартість робочої сили, промислових потужностей та нижче податкова ставка, ніж у країнах Євросоюзу.

Таблиця 4.9.

Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
1	Нижча вартість.	В Україні більш дешева робоча сила, вартість промислових потужностей та нижчі податкові ставки ніж в ЄС.
2	Багатофункціональність та налаштування ширини колії.	Більшість потенційних конкурентів мають вужче коло застосування, та не мають змоги регулювати ширину колії.
3	Модульність конструкції.	Можливе використання набору з різних модулів для побудови роботів із різним призначенням.
4	Наявність сонячних панелей.	Жоден з прямих потенційних конкурентів не обладнаний сонячними панелями.
5	Технології і матеріали	Використовують надійні матеріали, хоча і ті, що мають відносно велику вагу.

За визначеними факторами конкурентоспроможності проводиться аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту.

Таблиця 4.10.

Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін FLIBot

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з «FLIBot»						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Нижча вартість	18	1,3		2				
2	Багатофункціональність та налаштування ширини колії	16	2	1		3			
3	Модульність конструкції.	15		2		1	3		
4	Наявність сонячних панелей	19			1,3	2			
5	Технології і матеріали	10					2	1,3	

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу на основі виділених ринкових загроз, можливостей, сильних та слабких сторін.

SWOT-аналіз стартап-проекту FLIBot

Сильні сторони	Слабкі сторони
1. Низька вартість 2. Універсальність 3. Модульність 4. Розроблений відповідно до концепції точного землеробства 5. Автономність	1. Наявність потенційних конкурентів 2. Недостатнє фінансування 3. Невідомість бренду
Можливості	Загрози
1. Зріст вимог покупців до екологічності продукції 2. Ранній вихід на ринок 3. Поширення концепції точного землеробства 4. Подорожчання палива 5. Збільшення інвестицій	1. Вихід на ринок продукції конкурентів 2. Звичність до старої техніки в Україні 3. Недостатнє фінансування проекту 4. Економічна криза

Проведений SWOT-аналіз показав, що при наявності належного фінансування проект матиме змогу вийти на ринок раніше потенційних конкурентів і встигнути зайняти певну нішу ринку.

4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії починається з визначення стратегії охоплення ринку – опису цільових груп потенційних споживачів.

Так як складно точно передбачити попит на ринку, який тільки починає розвиватись, то будемо орієнтуватись на фермерів та агропромислові комплекси, які перейшли, або переходять, на технології точного землеробства. Отже обираємо стратегію концентрованого маркетингу.

Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Фермери та агропромислові комплекси	Частково готові, ті, що вже перейшли на точне землеробство.	Достатньо високий.	На даний момент конкуренція відсутня.	Так як немає інших гравців на ринку, то вхід буде простим, не зважаючи на невідомість бренду.
2	Компанії з оренди сільськогосподарської техніки	Частково готові.	Середній.	На даний момент конкуренція відсутня.	У оренду зазвичай беруть більш просту і дешеву техніку, так як точне землеробство, зазвичай, вводиться на великих фермерствах.

Для роботи в обраному сегменті сформуємо базову стратегію розвитку.

Таблиця 4.13.

Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкуренто-спроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1	Зосередження на одному сегменті	Передбачає концентрацію на потребах одного цільового сегменту, без прагнення охопити увесь ринок.	Універсальний автономний робот-трактор, що відповідає вимогам точного землеробства і який може бути налаштований для різних ширин рядків.	Стратегія спеціалізації

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки.

Таблиця 4.14.

Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
1	Як на українському, так і на міжнародному ринках, проект буде першопрохідцем. Проте за кордоном люди більш обізнані відносно сучасних технологій і розробок у сільськогосподарській робототехніці.	Компанія буде забирати споживачів у непрямих конкурентів – виробників звичайних тракторів.	На даний момент на ринку немає схожих товарів, проте із роботами, що знаходяться у розробці є спільні риси: електроприводи, здатність обертатися навколо власної осі та їздити у будь-яку сторону, близькі габаритні розміри.	Стратегія заняття конкурентної ніші. При прийнятті стратегії зайняття конкурентної ніші (інші назви – стратегія фахівця або нішера) компанія в якості цільового ринку вибирає один або декілька ринкових сегментів. Головна особливість – малий розмір сегментів/сегменту.

4.5 Маркетингова програма стартап-проекту

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач.

Таблиця 4.15.

Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами
1	Сільськогосподарська техніка, що відповідає потребам точного землеробства	Немає необхідності переобладнувати старий трактор для пристосування його до нових стандартів.	Адаптивність робота, здатність використовувати готове обладнання.
2	Економія ресурсів: водних, енергетичних, людських.	Електродвигуни та сонячні панелі дозволяють економити електроенергію, а автоматизовані системи обприскування при роботі у парі із польовими картами та системою розпізнавання образів дозволить значно скоротити витрати робочих рідин.	

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту), яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги або товари субституту, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів.

Таблиця 4.16.

Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари- аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	20-40 т.дол.	-	50-60 т.дол. (за сезон)	20-60 т.дол.

Висновки по розділу

З проведеного аналізу можна зробити висновок, що є можливість виходу проекту на ринок, так як зараз зростає попит на високотехнологічну сільськогосподарську техніку. В разі виходу на ринок негайно проект не зустрине прямої конкуренції, проте трактори старих зразків все ще використовуються у сільському господарстві. Проте, якщо FLIBot вийде на ринок пізніше конкурентів, то він зможе зайняти свою власну нішу. За стратегію охоплення ринку обираємо – стратегію спеціалізації, яка полягає в задоволенні потреб вибраного цільового сегменту краще, ніж конкуренти. Така стратегія може спиратися як на диференціацію, так і на лідерство по витратах, або і на те, і на інше, але тільки у рамках цільового сегменту.

Подальша імплементація проекту доцільна при отриманні коштів на реалізацію, так як необхідна розробка програмного забезпечення та систем розпізнавання.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Аналіз стану сільськогосподарського машинобудування показав, що на сьогоднішній день все більше поширюється застосування принципів точного землеробства, особливо у розвинутих країнах. При чому точне землеробство потребує специфічних технологій, які були розглянуті у першому та другому розділах даної роботи. І на даний момент жодний з потенційних конкурентів ще не вийшов на ринок.

За результатами даної роботи було визначено ті характеристики, які, на нашу думку, є необхідними для автономного сільськогосподарського робота-трактора, сформульована концепція та спроектована механічна частина цього робота-трактора. Також був проведений аналіз та визначення необхідних для реалізації інформаційних технологій, а їх застосування дозволило отримати обґрунтовані інженерні рішення. Результати створення стартап-проекту дають зрозуміти, що проект є таким, що має зайняти свою нішу на ринку і буде особливо успішним в тому разі, якщо вийде на ринок раніше за потенційних конкурентів.

Таким чином на результатах проведених досліджень та розробки можна створити робочий стартап-проект, в тому разі, якщо він знайде своїх інвесторів, що вказує на досягнення мети дипломної роботи.

Список використаної літератури

1. AGROSif [Електронний ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступу <http://agrosif.com.ua/enquiry/> (дата звернення 10.05.2018) – Назва з екрана.
2. AGROWAY [Електронний ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступу <http://www.agroway-gps.com/ua/tochne-zemlerobstvo/> (дата звернення 10.05.2018) – Назва з екрана.
3. Chen G. Advances in Agricultural Machinery and Technologies, CRC Press, 2018. – 472 с.
4. AGROSif [Електронний ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступу http://agrosif.com.ua/wp-content/uploads/2013/11/precision_farming_agro_sif.pdf (дата звернення 10.05.2018) – Назва з екрана.
5. AgroPortal [Електронний ресурс]:[Інтернет-портал]. – Режим доступу <http://agroportal.ua/views/blogs/tochnoe-zemledelie-i-ukrainskie-realii/#> (дата звернення 10.05.2018) – Назва з екрана.
6. American Society of Agricultural and Biological Engineers [Електронний ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=20886> доступу (дата звернення 10.05.2018) – Назва з екрана.
7. SAGA ROBOTICS [Електронний ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступу <https://sagarobotics.com/blogs/news> (дата звернення 10.05.2018) – Назва з екрана.
8. American Society of Agricultural and Biological Engineers [Електронний ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступу <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=20886> (дата звернення 10.05.2018) – Назва з екрана.
9. ZDNet [Електронний ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступу <http://www.zdnet.com/article/hortibot-a-weed-removing-robot> (дата звернення 10.05.2018) – Назва з екрана.
10. R.N. Jørgensen, C.G. Sørensen, J. Maagaard, I. Havn, K. Jensen, H.T. Søgaard, and L.B. Sørensen. “HortiBot: A System Design of a Robotic Tool

Carrier for High-tech Plant Nursing”. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript ATOE 07 006. Vol. IX. July, 2007.

11. Naïo Technologies [Электронный ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступа <http://www.naio-technologies.com/en/agricultural-equipment/weeding-robot-oz/> (дата звернення 10.05.2018) – Назва з екрана.

12. Naïo Technologies [Электронный ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступа <https://www.naio-technologies.com/en/agricultural-equipment/large-scale-vegetable-weeding-robot/> (дата звернення 10.05.2018) – Назва з екрана.

13. Fresh Plaza [Электронный ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступа <http://www.freshplaza.com/article/176049/Row-straddling,-weeding-robot-headed-to-international-market> (дата звернення 10.05.2018) – Назва з екрана.

14. DailyTechInfo [Электронный ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступа <https://www.dailytechinfo.org/robots/7568-bonirob-selskohozyaystvennyy-robot-kompanii-bosch-kotoryy-boretsya-s-sornyakami-zabivaya-ih-nazad-v-zemlyu.html> (дата звернення 10.05.2018) – Назва з екрана.

15. QUT [Электронный ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступа <https://www.qut.edu.au/news?news-id=110921> (дата звернення 10.05.2018) – Назва з екрана.

16. QUT Digital Agriculture [Электронный ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступа <https://research.qut.edu.au/digital-agriculture/projects/robot-platform-design-agbot-ii-a-new-generation-tool-for-robotic-site-specific-crop-and-weed-management/> (дата звернення 10.05.2018) – Назва з екрана.

17. ACFR [Электронный ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступа <http://confluence.acfr.usyd.edu.au/display/AGPub/Our+Robots> (дата звернення 10.05.2018) – Назва з екрана.

18. Engineers Australia [Электронный ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступа <https://www.engineersaustralia.org.au/portal/news/sydney-uni-unleashes-rippa-weed-killer> (дата звернення 10.05.2018) – Назва з екрана.

19. MDPI [Электронный ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступа <http://www.mdpi.com/2218-6581/6/4/24/htm> (дата звернення 10.05.2018) – Назва з екрана.
20. SAGA ROBOTICS [Электронный ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступа <https://sagarobotics.com/> (дата звернення 10.05.2018) – Назва з екрана.
21. SAGA ROBOTICS [Электронный ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступа <https://sagarobotics.com/blogs/news/162130055-w-series-br-working-horse-pure-power> (дата звернення 10.05.2018) – Назва з екрана.
22. United States Department of Agriculture. Economic Research Service [Электронный ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступа <https://www.ers.usda.gov/data-products/chart-gallery/gallery/chart-detail/?chartId=78088> (дата звернення 10.05.2018) – Назва з екрана.
23. Международный научно-исследовательский журнал [Электронный ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступа <https://research-journal.org/physics-mathematics/analiz-i-vybor-sistem-navigacii-robota-dlya-pozicionirovaniya-v-lesnoj-mestnosti/> (дата звернення 10.05.2018) – Назва з екрана.
24. Сельхозпортал [Электронный ресурс]:[Интернет-портал]. – Режим доступа <https://xn--80ajgpcpbhkds4a4g.xn--p1ai/articles/tochnoe-zemledelie/#a3> (дата звернення 10.05.2018) – Назва з екрана.
25. Светич [Электронный ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступа <http://svetich.info/publikacii/tochnoe-zemledelie/sistemy-parallelnogo-i-avtomaticheskogo-.html> (дата звернення 10.05.2018) – Назва з екрана.
26. ЭКО-Разум [Электронный ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступа <http://eco-razum.com/about/elektronnye-karty-polei-v-selskom-hozyaistve.php> (дата звернення 10.05.2018) – Назва з екрана.
27. ImpactLAB [Электронный ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступа <http://www.impactlab.net/2015/11/24/new-robot-may-have-eliminated-need-for-herbicides/> (дата звернення 10.05.2018) – Назва з екрана.

28. Агрола [Электронный ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступа <https://agrola.com.ua/p245798957-opryskivatel-mini-traktor.html> (дата звернення 10.05.2018) – Назва з екрана.
29. Анилович В.Я., Водолажченко Ю.Т. Конструирование и расчет сельскохозяйственных тракторов -М.: Машиностроение. 1976. – 455с.
30. [Электронный ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступа <https://www.mexannik.com/> (дата звернення 10.05.2018).
31. РЕФІТ [Электронный ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступа <https://refit.com.ua/ua/trapetseidalni-gvynty/trapetseydalnye-vynty.html> (дата звернення 10.05.2018) – Назва з екрана.
32. РЕФІТ [Электронный ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступа <https://refit.com.ua/ua/trapetseidalni-gaiky/trapetseydalnye-gajky-flanbronz.html> (дата звернення 10.05.2018) – Назва з екрана.
33. UniTech [Электронный ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступа <https://unitech.com.ua/shkiv-zubchatyy-at10-z-018-47-f-32-d-10-25-rr-/> (дата звернення 10.05.2018) – Назва з екрана.
34. UniTech [Электронный ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступа https://unitech.com.ua/remni-zubchatye-metricheskie-poliuretanovye/profil-remnya_at10 (дата звернення 10.05.2018) – Назва з екрана.
35. РЕФІТ [Электронный ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступа <https://refit.com.ua/ua/krokovy-dvyhuny.html> (дата звернення 10.05.2018) – Назва з екрана.
36. Lazerka [Электронный ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступа. <http://www.lazerka.com.ua/trebovania-k-materialam> (дата звернення 10.05.2018) – Назва з екрана.
37. Lazerka [Электронный ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступа <http://www.lazerka.com.ua/> (дата звернення 10.05.2018) – Назва з екрана.
38. КАДО [Электронный ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступа http://www.kado-bermaq.com.ua/index_011.htm (дата звернення 10.05.2018) – Назва з екрана.

ДОДАТКИ

Додаток А. Технологія виготовлення макету

Перед створенням керуючої програми за допомогою програмного забезпечення ArtCam було розташовано деталі, що отримуються з першої заготовки, імпортовані, після моделювання у SolidWorks, на рис. А.1 зображено розташування на робочій площині деталей. З першої заготовки було отримано деталі №3 з рис. 3.19, №6 з рис. 3.19 та №1 з рис. 3.17. Цей, та подальші скріншоти зроблені у програмному забезпеченні ArtCam.

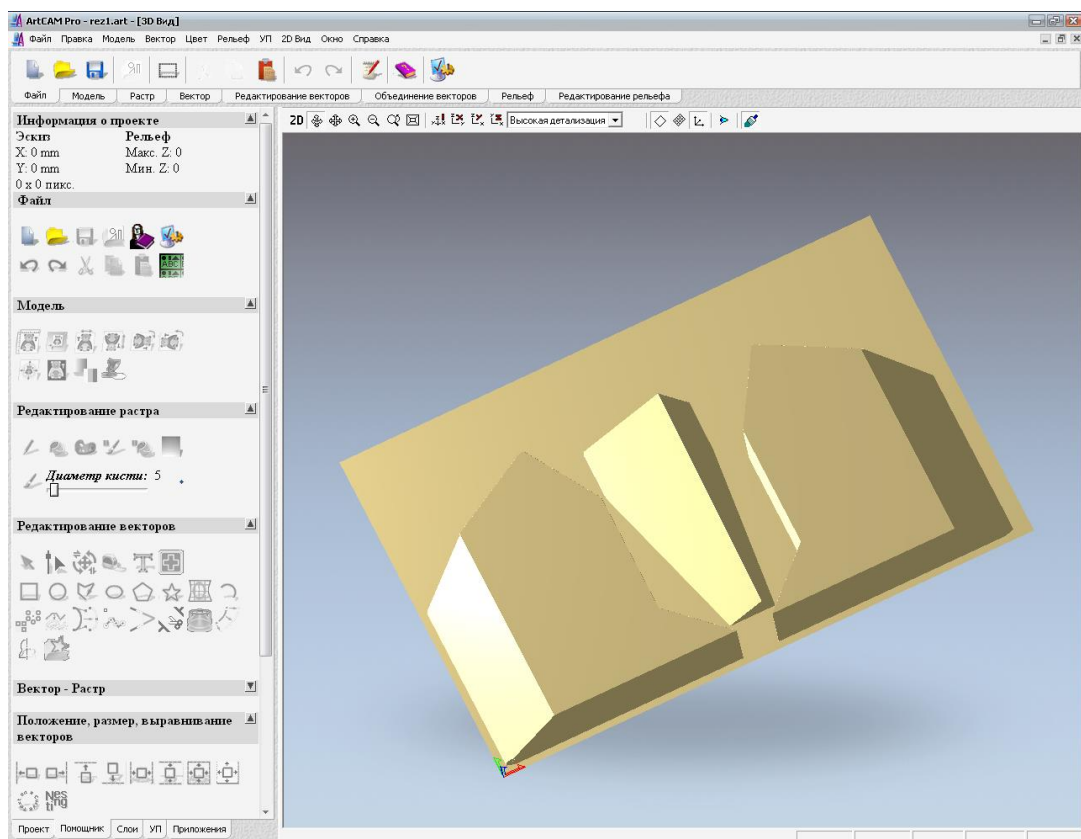


Рисунок А.1 – Деталі, що отримуються з першої заготовки, розташовані на робочій площині

На чорновому етапі оброблення застосовувалася циліндрична кінцева фреза діаметром 8мм, характеристики якої були описані у розділі 3. Режими

різання: крок 3,5 мм, глибина за прохід – 4 мм, подача – 1000 мм/хв, частота обертання – 15000 об/хв.

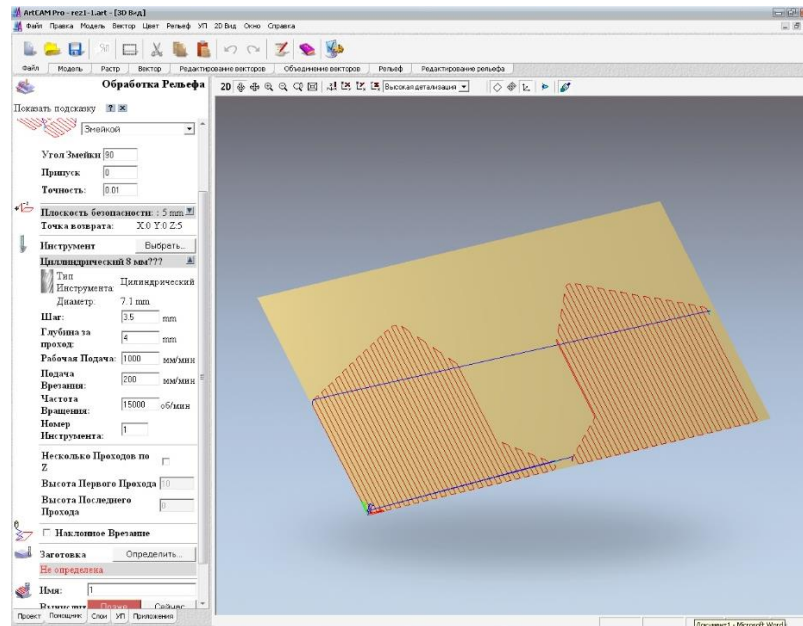


Рисунок А.2 – Траектория ruchu інструменту при обробленні площин, паралельних до робочого стола

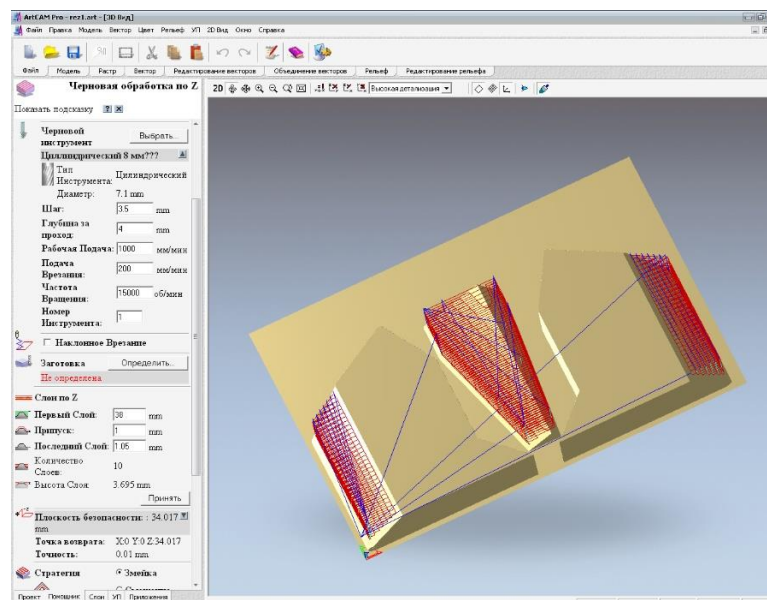


Рисунок А.3 – Траектория ruchu інструменту при чорновому обробленні похилих площин

Другим етапом обробки різання була операція відрізання заготовок. Фреза та режими різання ті ж самі, що й на попередньому етапі оброблення, траєкторію руху інструменту зображено на рис. А.4.

Останній етап – чистова обробка, що проводиться за одну операцію, під час якої біли оброблені похилі площини сферичною фрезою діаметром 8 мм. Режими різання: крок – 0,8 мм, глибина за прохід – 1 мм, подача – 2400 мм/хв, частота обертання – 180000. Траєкторія руху робочого інструменту зображено на рис. А.5.

З другої заготовки було отримано деталі №3 з рис. 3.17, №4 з рис. 3.19 та №5 з рис. 3.19, див рис. А.6. Усі етапи обробки проводилися тим самим інструментом та із такими ж самими режимами різання й стратегіями обробки, що й відповідні етапи оброблення першої заготовки, так само, як і в усіх інших заготовках з МДФ. Тому надалі вони приводитися не будуть.

З третьої заготовки було отримано деталі №2 з рис. 3.17, №1 з рис. 3.19 та №2 з рис. 3.19, див. рис. А.7.

З четвертої заготовки було отримано деталі № 4 та № 5 з рис. 3.17, див. рис. А.8.

Усі деталі, що зображені на рис. 3.18, біли отримані з ламінату. Деталі № 1, 5 та 6 оброблялися на фрезерному станку з ЧПК, за дві операції кожна, циліндричною кінцевою фрезою, описаною у розділі 3. Режими різання: крок – 4 мм, подача – 1000 мм/хв, частота обертання – 150000 об/хв. Траєкторії руху інструменту при обробці цих деталей на перших операціях наведені на рис. А9 та рис. А10. Так як деталі №5, та № 6 симетричні, то наведено зображення обробки тільки однієї деталі.

Для кожної операції у ArtCam було згенеровано керуючу програму, приклад однієї з яких наведено нижче.

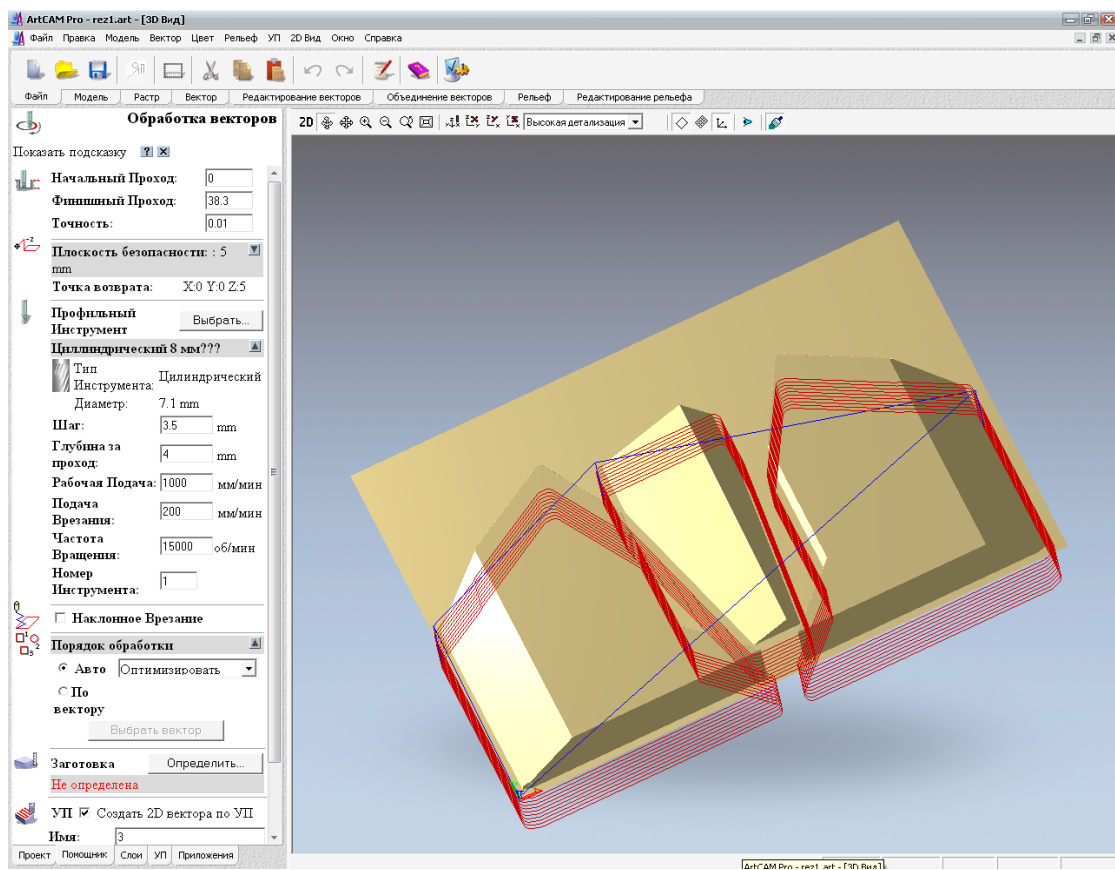


Рисунок А.4 – Траектория руху інструменту при відрізанні деталей

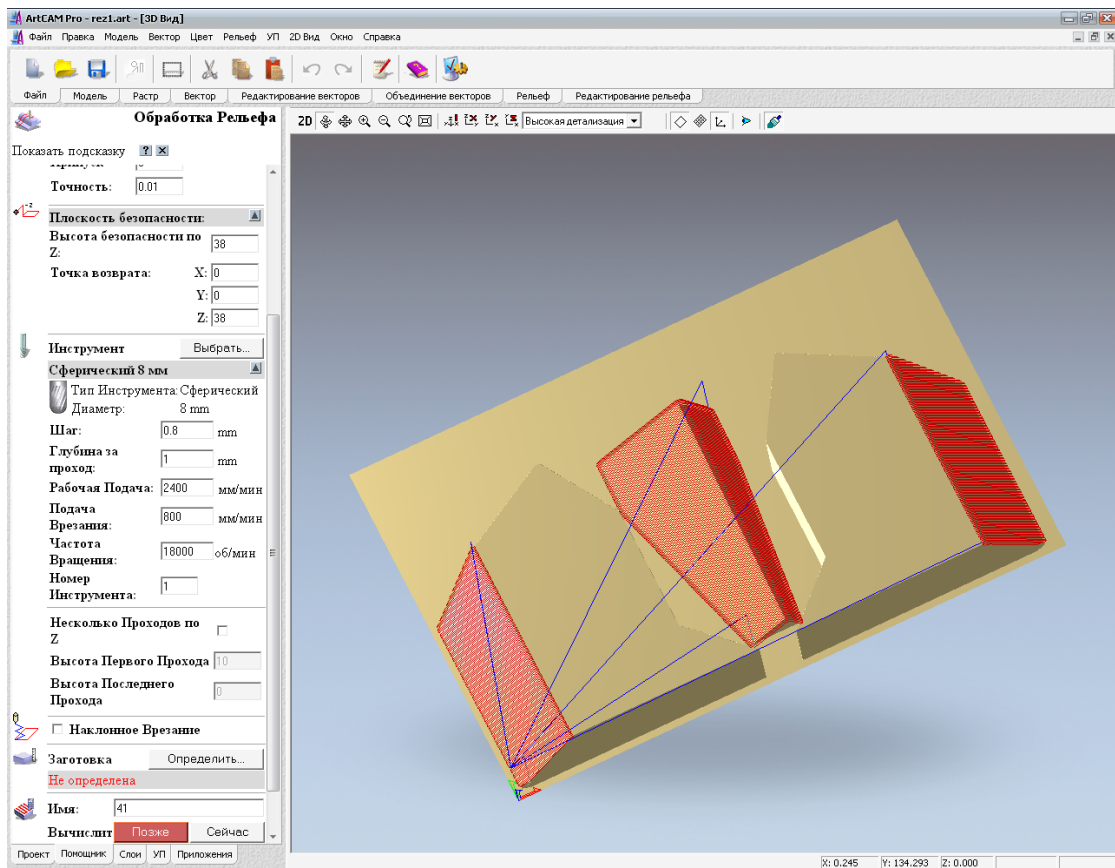


Рисунок А.5 – Траектория руху інструменту на етапі чистової обробки.

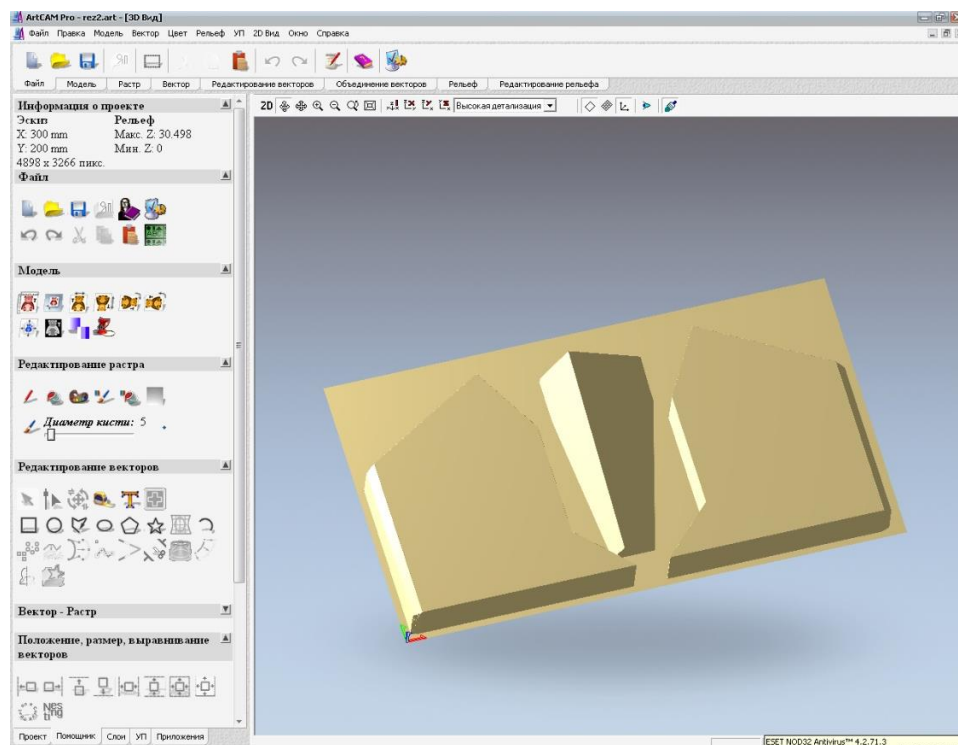


Рисунок А.6 – Деталі, що отримуються з другої заготовки, розташовані на робочій площині

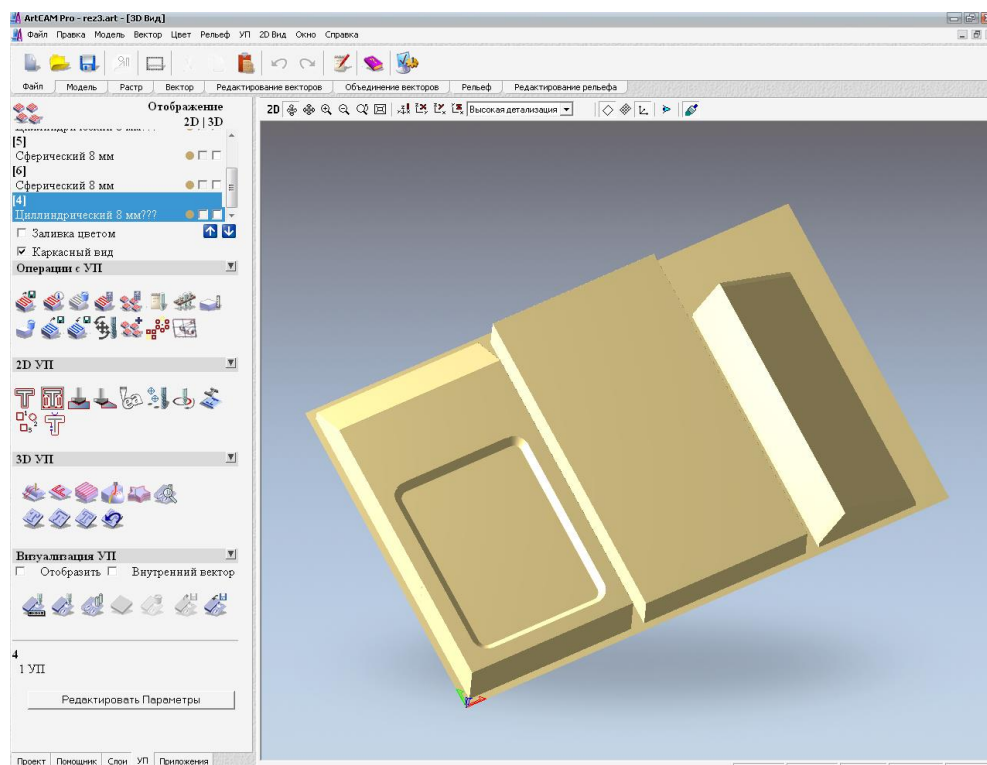


Рисунок А.7 – Деталі, що отримуються з третьої заготовки, розташовані на робочій площині

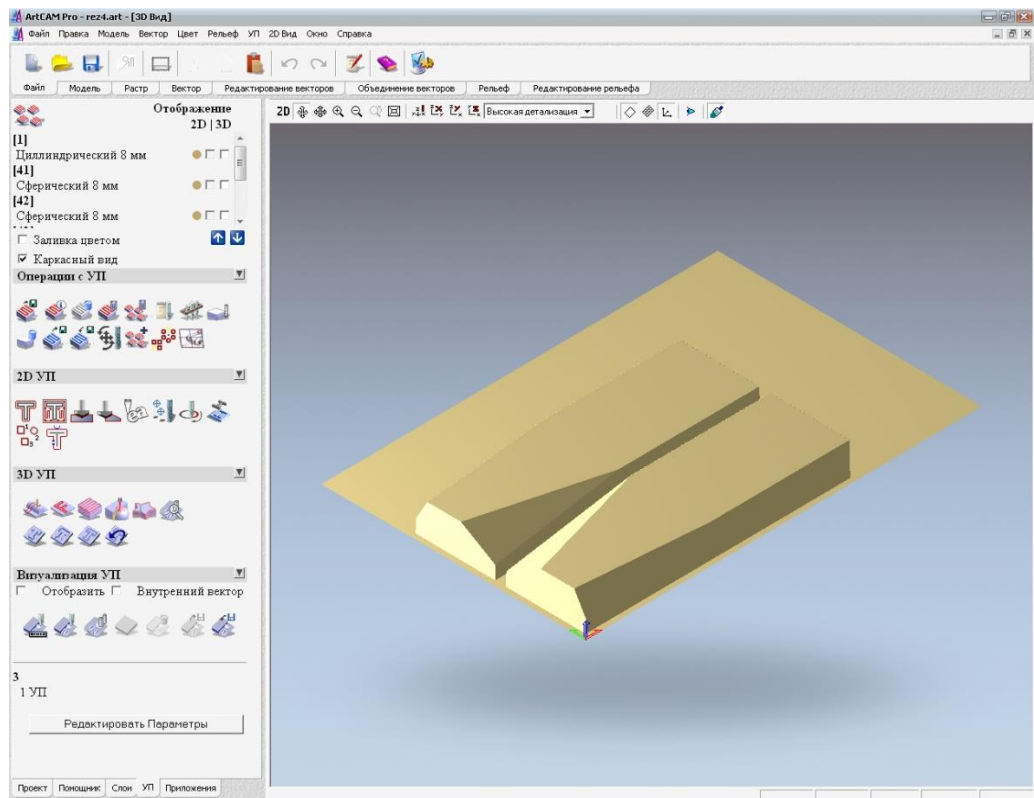


Рисунок А.8 – Деталі, що отримуються з четвертої заготовки, розташовані на робочій площині

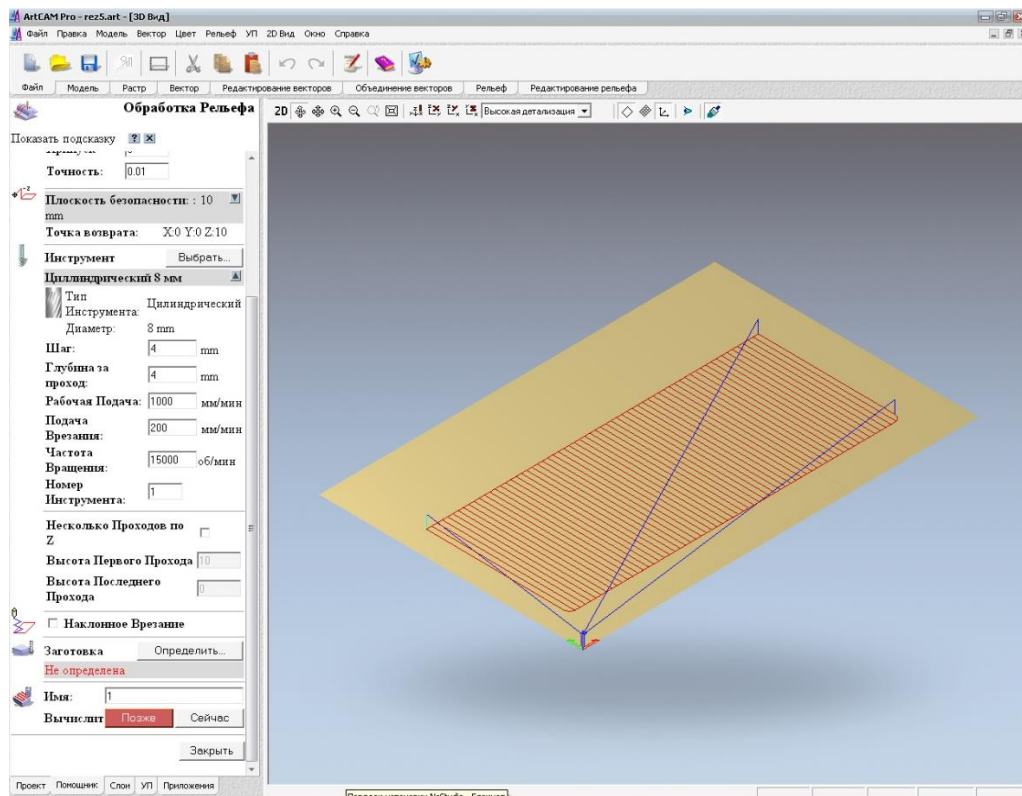


Рисунок А.9 – Траектория ruchu інструмента при обробці деталі №1

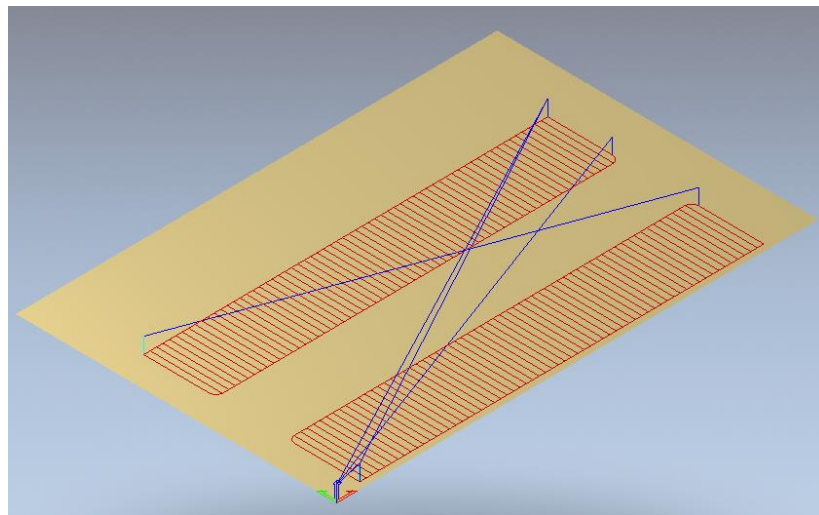


Рисунок А.10 – Траектория ruchu інструмента при обробці деталі №6

Фрагмент коду керуючої програми для верстату з ЧПК мод. FGS 3925 **для оброблення деталі «Корпус бічного модуля»**

%%%%%%%%	N31G1Z0.00F200.0	%%%%%%%%
N1T01M3	N32G1X270.07Y98.17F1000.0	
N2G0X18.38Y4.00Z10.00	G3X269.95Y97.46I273.94J97.18	
N3G1Z0.00F200.0	G3X269.84Y96.90I273.82J96.43	
N4G1X18.38Y44.30F1000.0	N35G1X269.74Y96.60	
G3X18.49Y45.01I14.50J45.29	N36X269.52Y96.08	
G3X18.60Y45.57I14.63J46.04	N37X269.36Y95.81	
N7G1X18.70Y45.88	G2X269.08Y95.35I267.23J96.77	
N8X18.92Y46.40	N39G1X268.27Y94.54	
N9X19.09Y46.66	G2X267.53Y94.13I266.20J97.44	
G2X19.36Y47.12I21.21J45.71	N41G1X267.02Y93.88	
N11G1X20.12Y47.88	N42X266.35Y93.65	
G3X20.66Y48.23I17.92J51.95	N43X265.82Y93.55	
N13G1X21.42Y48.59	N44X22.62	
G2X22.62Y48.92I24.44J39.86	G2X21.42Y93.88I24.64J103.36	
N15G1X265.70Y48.92	N46G1X20.62Y94.28	
N16X266.22Y48.82	N47X20.40Y94.43	
G2X267.02Y48.59I265.32J44.14	G3X19.93Y94.79I17.75J91.43	
N18G1X267.83Y48.19	N49G1X19.48Y95.23N50X19.18	
N19X268.05Y48.04	Y95.63	
G3X268.52Y47.69I270.69J51.04	N51X18.78Y96.45	
N21G1X268.96Y47.24	N52X18.69Y96.77	
N22X269.26Y46.84	G2X18.50Y97.42I20.86J97.74	
N23X269.57Y46.26	N54G1Y99.18	
N24X269.84Y45.57	G3X18.38Y100.17I14.50J99.18	
G3X269.95Y45.01I273.82J46.04	N56G1X18.38Y138.60	
G3X270.07Y44.30I273.94J45.29	N57X270.07	
N27G1X270.07Y4.00	N58G0Z10.00	
N28X18.38	N59G0X0.00Y0.00	
N29G0Z10.00	N60M5	
N30G0X270.07Y138.60	N61M30	

Додаток Б. Матеріали заявки на корисну модель

МПК 2018.01 A01B51/00

Корисна модель відноситься до сільського господарства, а саме до пристроїв, спеціально пристосованих для навішування на них сільськогосподарських знарядь, або механізмів рідного виду.

Відомий робот OZ weeding bot, що складається із рами, корпусу, 4 електродвигунів, 4 колес, 2 електробатарей. Робот використовує такі інструменти: 5 типів борін різного призначення, прополочну щітку та причеп. Є автономним сільськогосподарським пристроєм [1].

Недоліками цього робота є обмежені маневреність та функціональність.

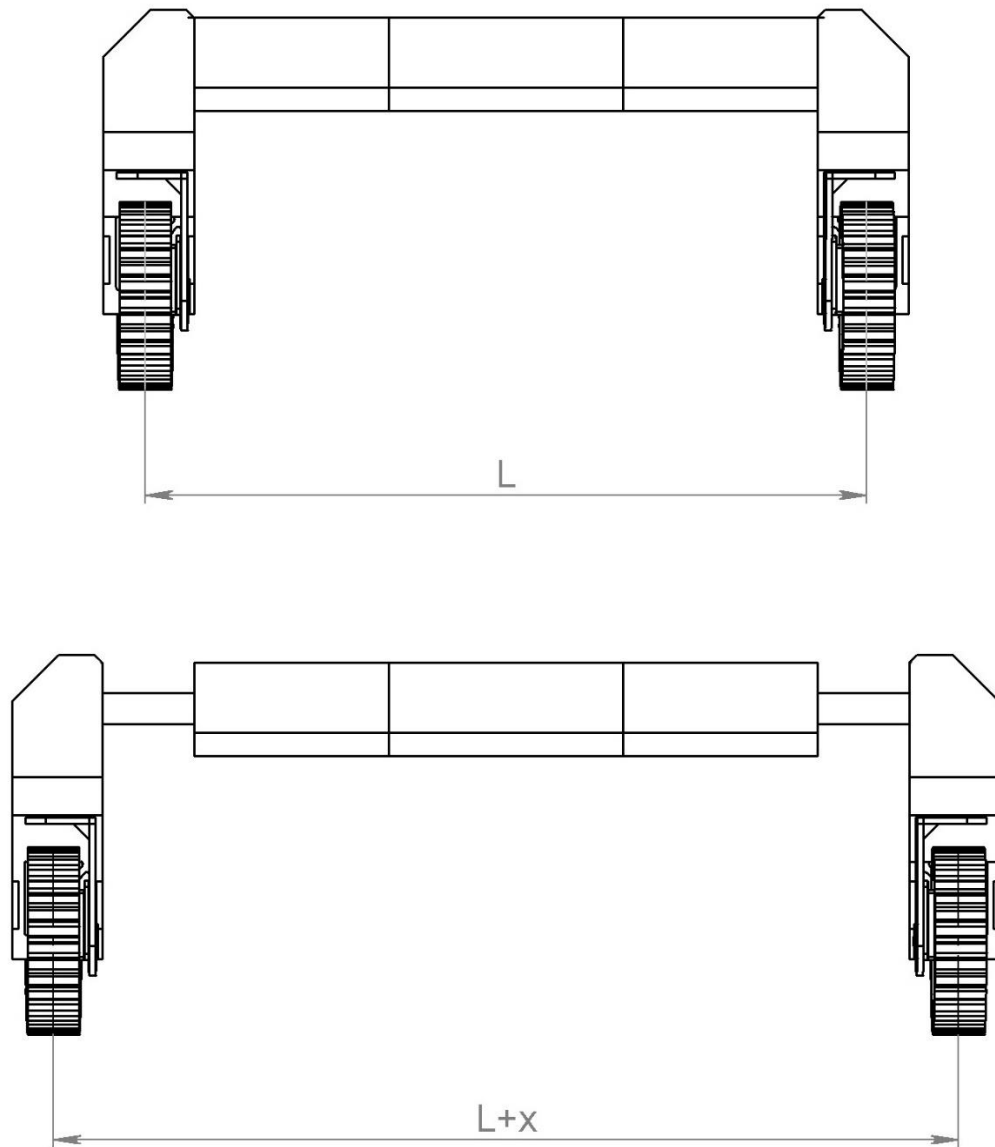
Найбільш близьким до корисної моделі, що заявляється, є робот AgBot II, що складається з декількох модульних блоків – один з них включає у себе центральну раму і кріплення інструментів, інші два модулі містять по 2 колеса кожен, одне колесо – кероване ведуче, друге – некероване неведуче. Робот обладнаний відеокамерами, сенсорами та електронною технікою, що дозволяє йому орієнтуватись на полі, та виконувати певні задачі: знищувати бур'яни як механічно, так і хімічно [2].

Недоліками цього робота є те, що з 4-х коліс тільки 2 колеса – керовані та ведучі, відсутня функція регулювання ширини колії.

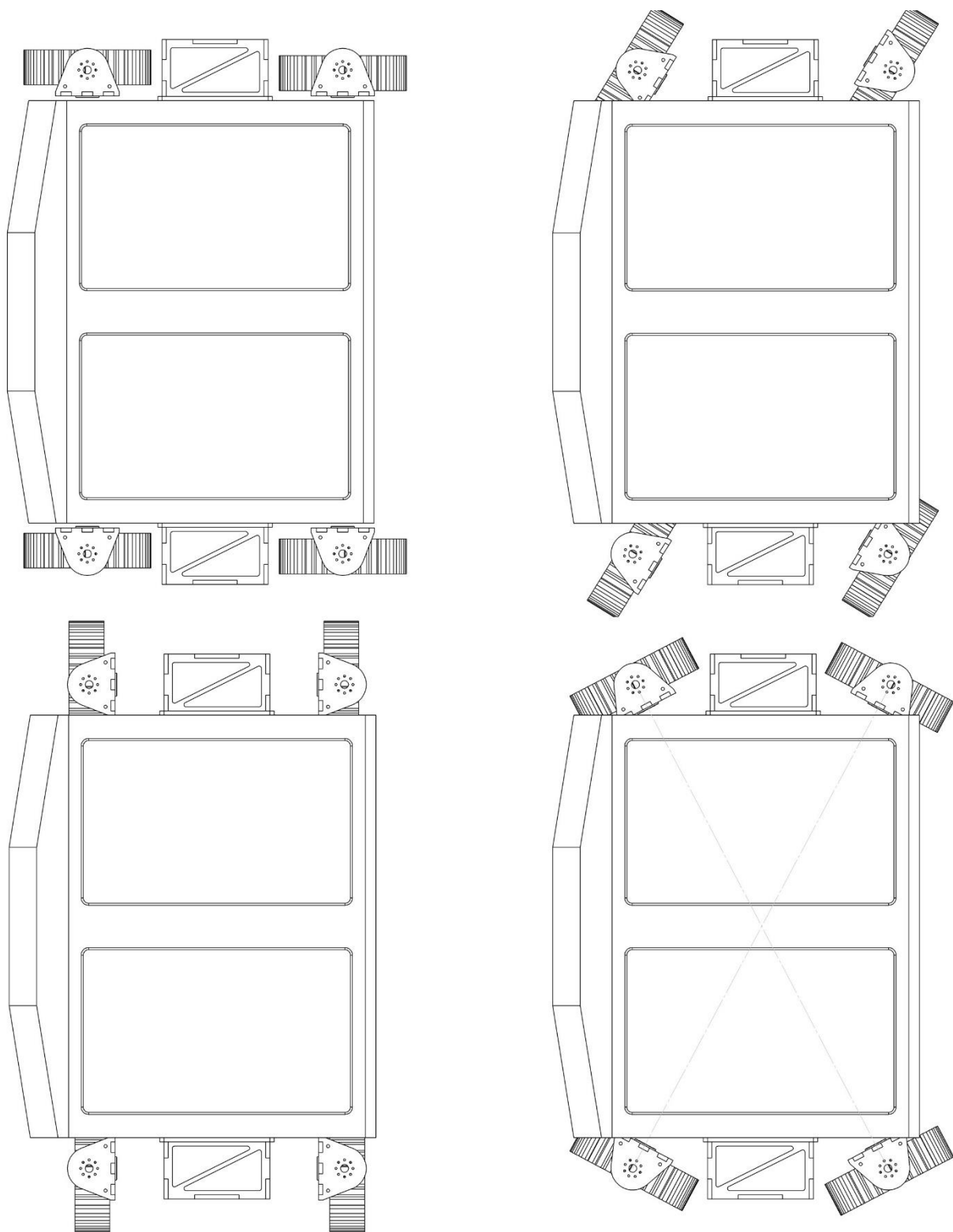
Поставлена задача удосконалення сільськогосподарського робота шляхом підвищення маневреності та додавання функціоналу регулювання ширини колії.

Поставлена задача вирішується наступним чином: усі колеса робота є ведучими та керованими та включення в конструкцію робота механізму регулювання ширини колії.

Сутність корисної моделі пояснюється кресленнями:



Фіг 1 – варіанти налаштування ширини колії



Фіг 2 – ілюстрування можливості руху у різні напрямки та обертання на місці

Де на фігурі 1 зображено варіанти налаштування ширини колії. Налаштування колії необхідне для налаштування робота для оброблення рядків різної ширини, що робить його більш гнучким у використанні. Механізм регулювання складається із направляючих, роликів, пари гвинт-гайка та електромотору. Ролики закріплюються на рамі бічного модуля, та рухаються по направляючих, що закріплені на рамі робота. Пара гвинт-гайка забезпечує керований рух та фіксацію ходового модуля відносно центрального. Гвинт може приводитися у рух за допомогою електродвигуна, або за допомогою гайкового ключа, для чого передбачені лиски.

На фігурі 2 зображено кути, на які можуть повертатися колеса. Робот здатний рухатися у будь-якому напрямку, так як колеса можуть повертатися незалежно одне від одного. Крім того це необхідно для регулювання ширини колії, коли робот знаходиться на поверхні.

Робот складається із трьох змінних модулів – центрального та двох бічних. Центральний модуль складається із рами, баків для перевозки рідини, кріплення для навісного обладнання різного технологічного призначення, кріплень для ходових модулів та оснащується системами керування, навігації та розпізнавання. Ходові модулі складаються із рами, акумуляторного відсіку з акумуляторами, кріплень бокової частини до центральної, електродвигунів, коліс та їх стійок. Оснащений сонячними панелями та розприскувачем.

FLIBot (флібот) складається з таких елементів:

рама центрального модуля, рами лівого та правого ходових модулів, направляючих механізму регулювання ширини, роликів механізму регулювання ширини та їх осей, акумуляторних батарей, мотор-коліс, двигунів повороту коліс, двигуну регулювання висоти навісного обладнання, контролерів двигунів, баків для рідини, бортового комп'ютера, системи навігації із антенами та камерами та зовнішнього блоку керування.

FLIBot працює наступним чином:

робот вмикається за допомогою кнопки, розташованої на корпусі. Після включення робота необхідно обрати керуючу програму у зовнішньому блоці керування. У керуючу програму необхідно внести інформацію про локацію оброблення, культури, що будуть оброблятися та тип оброблення. Коли попередні кроки виконані можна запускати виконання програми роботом через меню у віддаленому блоці керування. Після виконання програми робот сигналізує про виконання програми за допомогою звукової та світлової сигналізації. Робот може бути аварійно зупинений віддалено через блок керування, або за допомогою кнопки, розміщеної на роботі.

Від аналогів відрізняється тим, що має механізм регулювання ширини колії, складається із змінних модулів, усі чотири колеса керовані, здатний рухатися у будь-якому напрямку, оснащений сонячними панелями, має високий кліренс, що достатній для руху над рослинами.

Джерела інформації:

1. Naïo Technologies [Електронний ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступу <http://www.naio-technologies.com/en/agricultural-equipment/weeding-robot-oz/> (дата звернення 1.04.2018) – Назва з екрана.
2. QUT Digital Agriculture [Електронний ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступу <https://research.qut.edu.au/digital-agriculture/projects/robot-platform-design-agbot-ii-a-new-generation-tool-for-robotic-site-specific-crop-and-weed-management/> (дата звернення 1.04.2018) – Назва з екрана.

Додаток В. Матеріали презентації

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені Ігоря Сікорського»
Механіко-машинобудівний інститут
Кафедра інтегрованих технологій машинобудування

МАГІСТЕРСЬКА ДИСЕРТАЦІЯ

АВТОНОМНА МОДУЛЬНА ПЛАТФОРМА ДЛЯ ОПРИСКУВАННЯ РОСЛИН (комплексна магістерська дисертація)

Виконавці:

ст. гр. МІ-62м **Варцаба А. О.**

ст. гр. МІ-62м **Мілаєв Р. Д.**

Наукове керівництво:

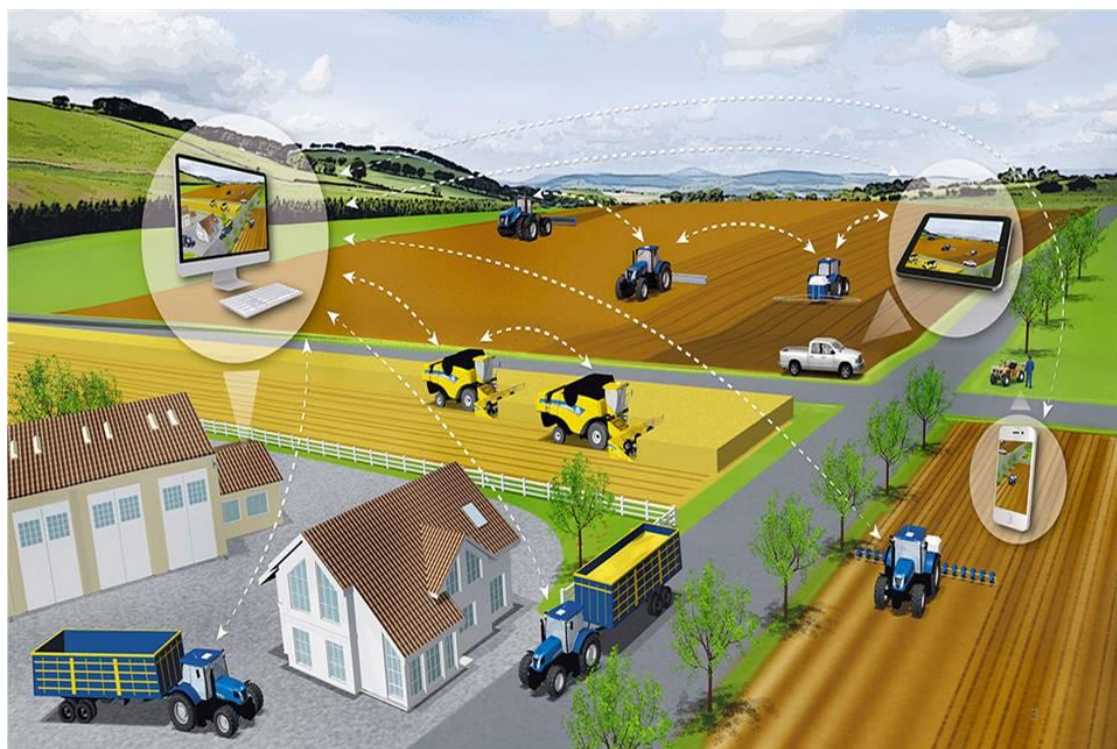
д.т.н., проф. **Пасічник В. А.**

к.т.н., доц. **Солодкий В.І.**

Київ, 2018

1

Актуальність



Мета

Удосконалення інженерно-технічних характеристик сільськогосподарського робота-трактора для оприскування рослин

Удосконалення інженерно-технічних характеристик модулю силового приводу робота-трактора для оприскування рослин

Задачі

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • На основі аналізу ринку й наявних технічних рішень робота-трактора для зрошування у сільському господарстві розробити нове концептуальне рішення. • Розробити дизайн екстер'єру та компоновку робота-трактора для зрошування у сільському господарстві та визначити його основні функціональні й технічні характеристики. • Створити й дослідити макет прототипу нового робота-трактора для зрошування у сільському господарстві. • Підготувати пропозицію стартап-проекту для ринку роботів-тракторів для зрошування у сільському господарстві | <ul style="list-style-type: none"> • На основі аналізу ринку й наявних технічних рішень робота-трактора для зрошування у сільському господарстві розробити модульний силовий привод. • Розробити дизайн, виконати розрахунки й провести моделювання основних технічних параметрів приводного модулю для робота-трактора "FLIBot". • Розробити технологію виготовлення макету робота-трактора «FLIBOT» та дослідити його роботу. • Підготувати пропозицію стартап-проекту для ринку роботів-тракторів для зрошування у сільському господарстві. |
|--|--|

Об'єкт дослідження

процес пошуку дизайну і технічного рішення
перспективного робота-трактора для зрошування
у сільському господарстві

процес пошуку дизайну і технічного рішення
модулю силового приводу перспективного
робота-трактора для зрошування у сільському
господарстві

Предмет дослідження

екстер'єр та компоновка перспективного робота-
трактора для зрошування у сільському
господарстві та його функціональні й технічні
характеристики

екстер'єр та компоновка модулю силового
приводу перспективного робота-трактора для
зрошування у сільському господарстві та його
функціональні й технічні характеристики

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ АВТОНОМНИХ РОБОТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА



СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ АВТОНОМНИХ РОБОТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Порівняння основних параметрів автономних роботів

Назва	Габарити Д.хШ.х, мм.	Маса, кг	Тип приводу	Модульність	Змінні інструменти
HortiBot	915x915x920	200-300	Гідро	Так	Так
OZ	1000x400x600	110-150	Електро	Ні	Так
BoniRob	2800x2400x2200	1100	Електро	Ні	Так
AgBot II	2000x3000x1400	~600[6]	Електро	Так	Так
RIPPA та VIPPA	1500x2000x1250	~750	Електро	Ні	Ні
Thorvald II	-	-	Електро	Так	Так

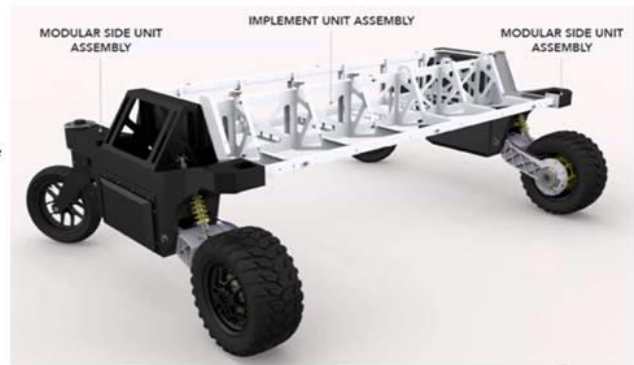
ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ СИЛОВИХ ПРИВОДІВ



power supply distribution cabinet pump



tank
camera frame
camera
nozzle arm



8

ПЕРСПЕКТИВИ ПРОЕКТУ, ЯК СТАРТАПУ

Ринок агро-роботів та роботів-тракторів на даний момент ще не повністю сформувався і знаходиться у стадії зростання.

Активно розвивається точне землеробство, елементом якого вони є.

Більшість проектів роботів-тракторів на даний момент залишаються у стані розробки, і жоден із прямих конкурентів ще не вийшов на ринок.

Тому існує можливість вийти на ринок раніше, ніж конкуренти.

Саме тому тема магістерської роботи є
**«АВТОНОМНА МОДУЛЬНА ПЛАТФОРМА
ДЛЯ ОПРИСКУВАННЯ РОСЛИН»**

9

FLIBot – Farm Land Intellectual Bot

Проект роботизованої інтелектуальної платформи
для оприскування в сільському господарстві



Основні технічні характеристики

Споряджена маса	800 кг	Колісна формула	4 x 4
Корисне навантаження	200 кг	Ширина коліс	270 мм
Температура середовища	25 ± 20°C	Потужність (сумарна)	12 кВт
Ширина траверси поливу	6 000 мм	Ємність акумуляторів	16 кВт•год
Положення форсунок	регульоване	Швидкість руху	до 10 км/год
Колісна база	2400 – 2800 мм	Дорожній просвіт	900 мм

Розрахунок силових параметрів робота-трактора «FLIBot»

Так як відома експлуатаційна вага, то тяглове зусилля будемо знаходити, перетворивши формулу:

$$G = \frac{P_{\text{кр}}}{\lambda \varphi_c - \zeta} \quad (2.1)$$

де G – експлуатаційна вага, $P_{\text{кр}}$ – тяглове зусилля, λ – коефіцієнт навантаження ведучих коліс (для колісних тракторів 4x4 становить 0,9 – 1,0), φ_c – коефіцієнт зчеплення з ґрунтом (табл. 2.1), ζ – коефіцієнт, що враховує внутрішні втрати у ходовій системі (для колісних тракторів приймають 1), f – супротив самопересуванню.

$$P_{\text{кр}} = G(\lambda \varphi_c - \zeta)$$

$$P_{\text{кр}} = 3922,661(0,9 \cdot 0,7 - 1 \cdot 0,1) = 2079,01(\text{H})$$

Таблиця 2.1

Коефіцієнти взаємодії ходової частини з різними типами поверхонь

Тип поверхні	f	φ_c при поверхні	
		сухий	вологий
Стерня	0,1-0,12	0,7	0,5
Злежата оранка	0,12-0,14	0,4-0,6	–
Свіжозоране поле	0,18-0,22	0,3-0,5	–
Культивоване поле	0,16-0,20	0,4-0,6	–
Вологий пісок	0,10-0,15	–	0,4-0,6
Сухий пісок	0,16-0,22	0,2-0,3	–

Номинальне тяглове зусилля, згідно ГОСТ 27021-86 визначаємо за формулою:

$$P_n = A \cdot G \quad (2.3)$$

Для трьох і чотирьохколісних тракторів із двома ведучими колесами $A=3,92$.

$$P_n = 3,92 \cdot 400 = 1568(\text{H}).$$

$$N_n = \frac{(P_n + fG)v_n}{270 \eta_m \eta_g \eta_n} \quad (2.4)$$

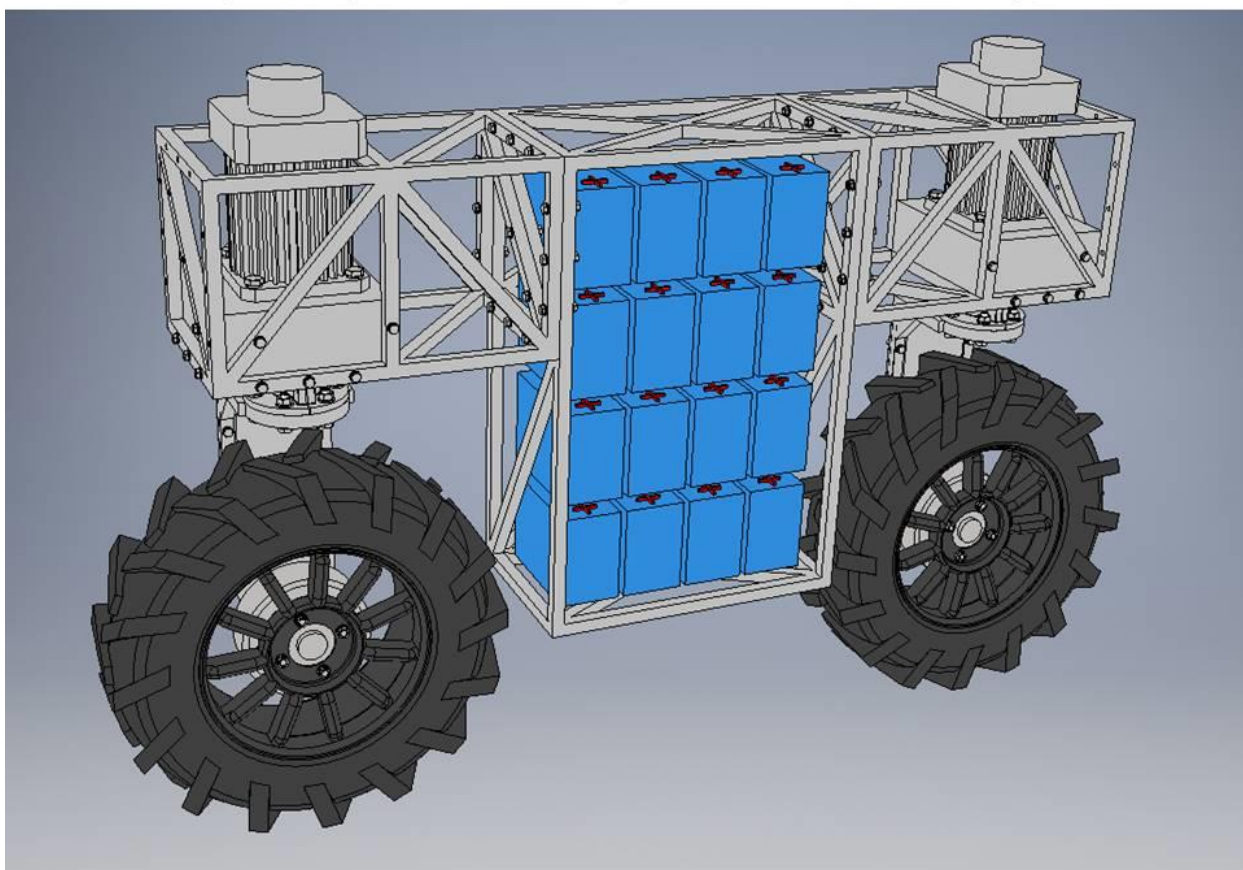
де η_m – механічний коефіцієнт корисної дії силової передачі – 0,9, η_g – коефіцієнт, що враховує втрати від буксування, для колісних тракторів загального призначення рівний від 0,85 до 0,87, η_n – коефіцієнт використання потужності, становить 0,9-0,95, із урахуванням запасу потужності на початок руху та подолання випадкових спротивів. Номінальну швидкість приймемо за 6 км/год.

$$N_n = \frac{(159,89 + 0,1 \cdot 400) \cdot 6}{270 \cdot 0,9 \cdot 0,86 \cdot 0,93} \cdot 0,7355 = 4,54 \text{ кВт.}$$

Проект робота-трактора «FLIBot» (без обвісу)



Проект приводного модулю «FLIBot» (без обвісу)



Розрахунок технічних параметрів приводного модулю «FLIBot»

Момент повороту

Розрахунок моменту опору повороту колеса:

$$M_n = (M_1 + M_2 + M_3) \cdot \frac{1}{\mu_{np}} \quad (1)$$

де M_1 - момент опору направляючих коліс перекочуванню;

M_2 - момент опору коліс повороту;

M_3 - стабілізуючий момент від нахилу шворня.

Момент опору направляючих коліс перекочуванню розраховується за такою формулою (2):

$$M_1 = G_1 \cdot f_1 \cdot a \quad (2)$$

де G_1 - радіальне навантаження на колесо;

f_1 - коефіцієнт опору перекочування;

a - плече обкатки.

З формули (2) розраховуємо момент опору направляючих коліс перекочуванню M_1 :

$$M_1 = 3000 \text{ Н} \cdot 0.18 \cdot 0 \text{ м} = 0 \text{ Нм};$$

Розрахунок моменту опору повороту

$$M_2 = 0.14 \cdot G_1 \cdot \varphi_c \cdot r_n \quad (3)$$

де G_1 - радіальне навантаження на колесо;

φ_c - коефіцієнт зчеплення з ґрунтом;

r_n - динамічний радіус направляючого колеса.

Таким чином, $\varphi_c=0.5$ значення взято з посилання [20 табл. 1.1 ст.11]. Динамічний радіус $r_n = 0.3 \text{ м}$, він є трохи меншим за радіус самого колеса.

З формули (3) розраховуємо M_2 :

$$M_2 = 0.14 \cdot 3000 \text{ Н} \cdot 0.5 \cdot 0.3 \text{ м} = 63 \text{ Нм};$$

Стабілізуючий момент від нахилу шворня розраховується за такою формулою:

$$M_3 = G_1 \cdot (a + r_n \cdot \beta_{ш}) \cdot \left(\beta_{ш} \cdot \sin \frac{\alpha + \beta}{2} + \gamma_{ш} \cdot \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \right) \quad (4)$$

де $\beta_{ш}$ - поперечний нахил шворня;

$\gamma_{ш}$ - поздовжній нахил шворня.

Дані кути в нашому випадку дорівнюють нулю, тому звідси виходить що за формулою (4) ми отримуємо такий результат:

$$M_3 = 0 \text{ Нм}.$$

Для того щоб розрахувати момент опору повороту, нам необхідно також розрахувати μ_{np} , проте наша система не буде мати поворотних цапф, тому ККД в даному випадку буде дорівнювати 1. Звідси розраховуємо M_n .

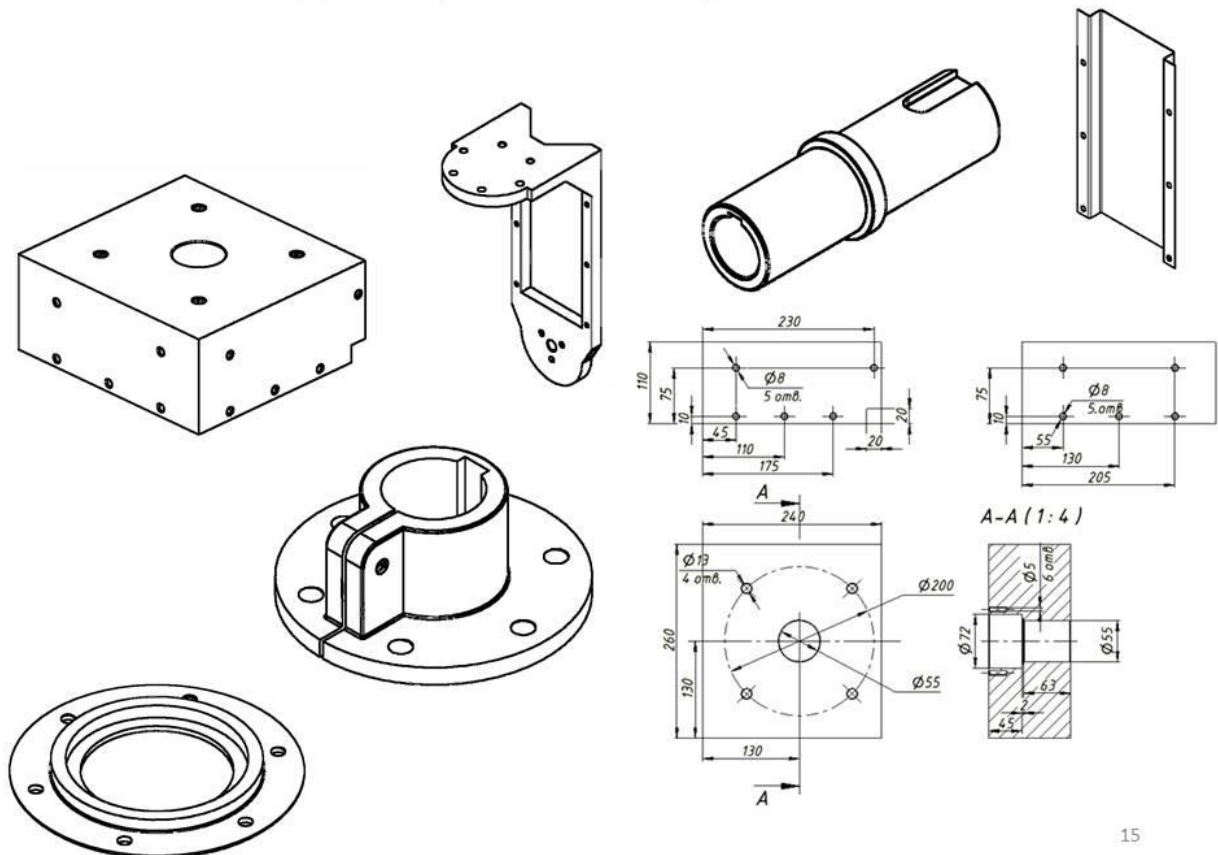
За формулою (1), отримуємо такий результат.

$$M_n = M_2 = 63 \text{ Нм}.$$

Обравши серводвигун моделі 180ST-M35010 [14] для повороту колеса, розробляємо систему кріплення консолі до двигуна, і фіксацію самого двигуна на рами модуля повороту.

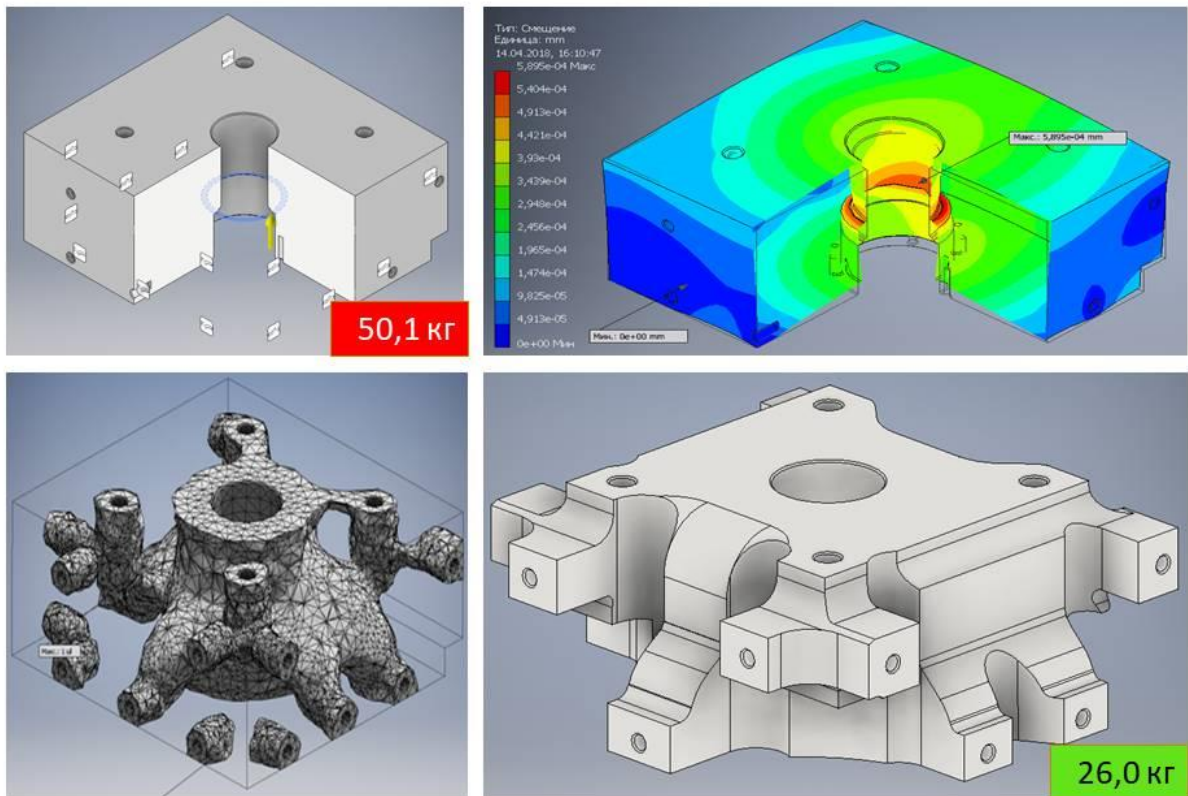
14

Деталі приводного модулю «FLIBot»

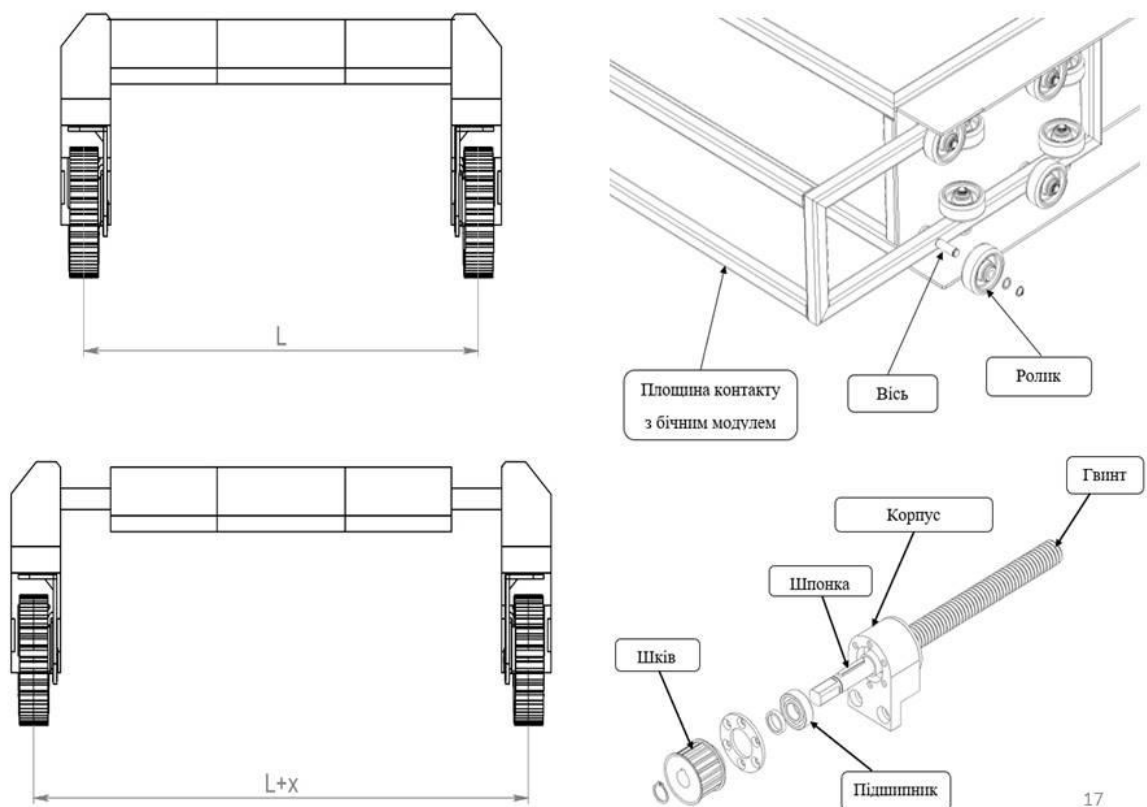


15

Аналіз напружено-деформованого стану деталей приводного модулю «FLIBot»

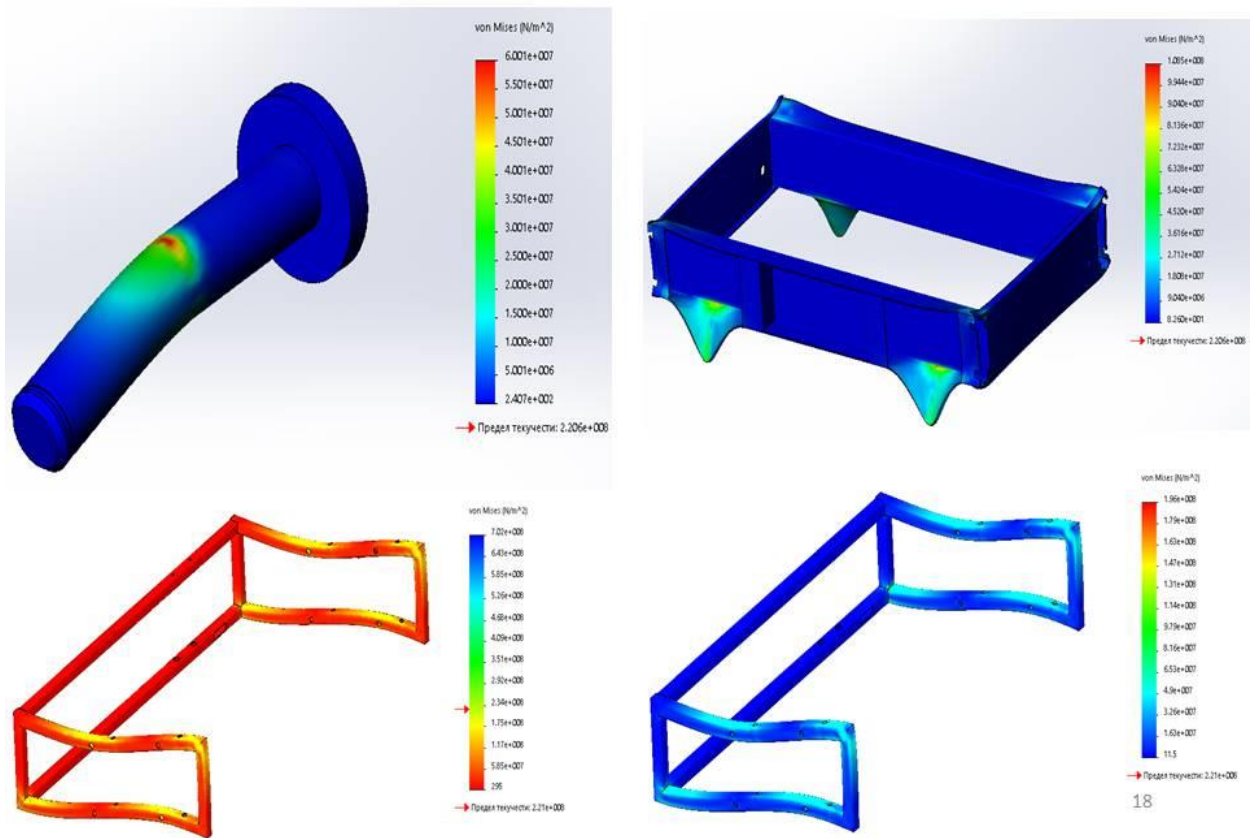


Механізм регулювання ширини колії «FLIBot»



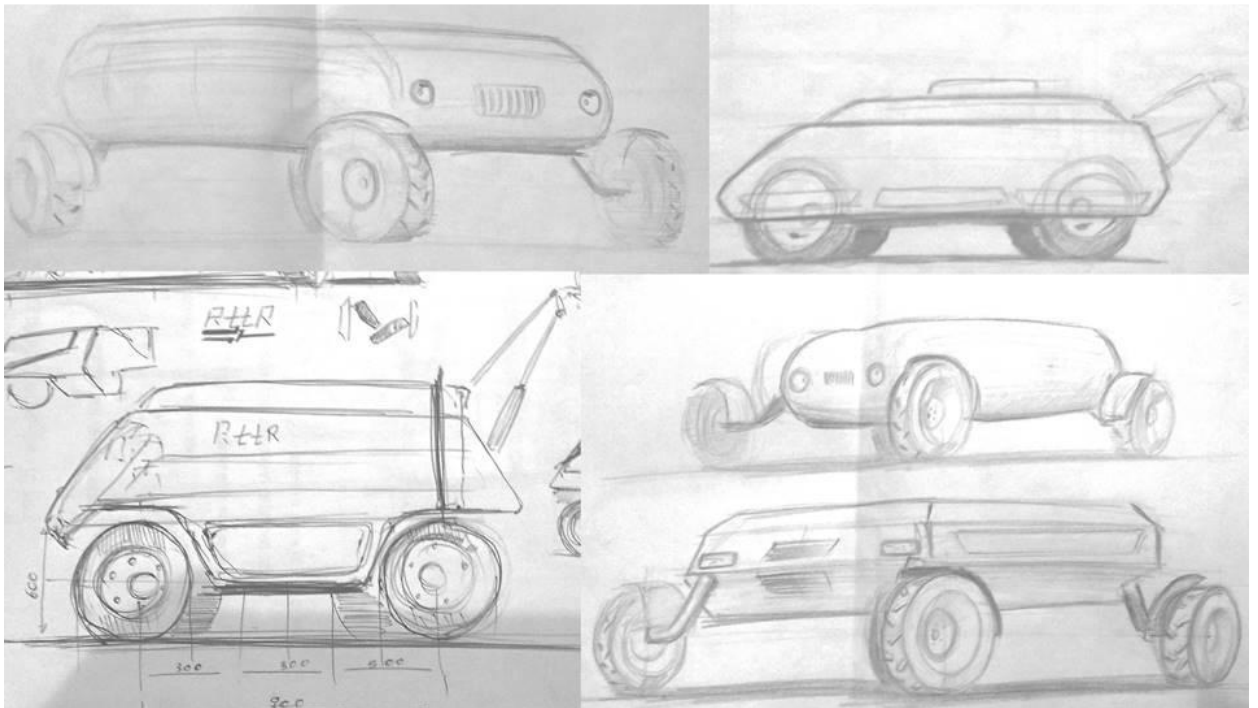
17

Аналіз напружено-деформованого стану деталей «FLIBot»



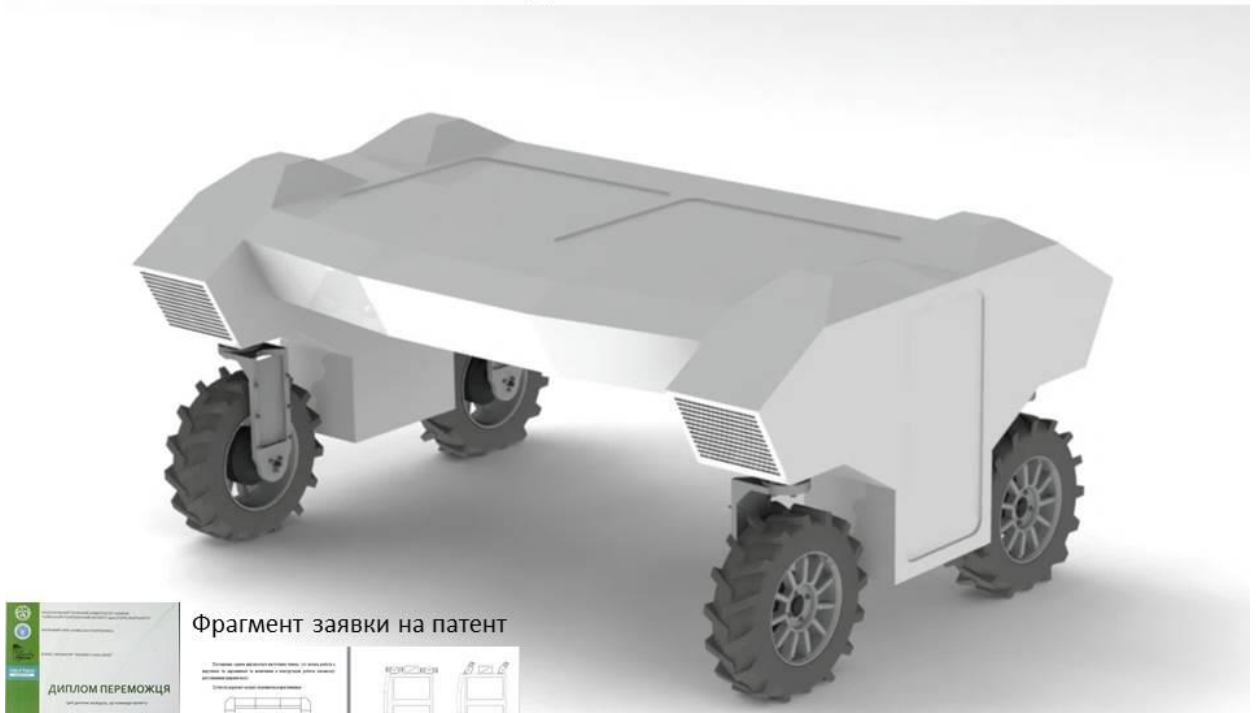
18

Пошукове ескізування «FLIBot» (осінь 2016)

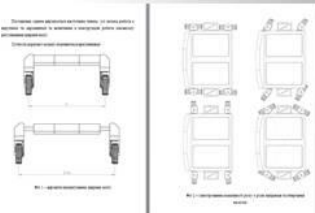


19

Модель «FLIBot»

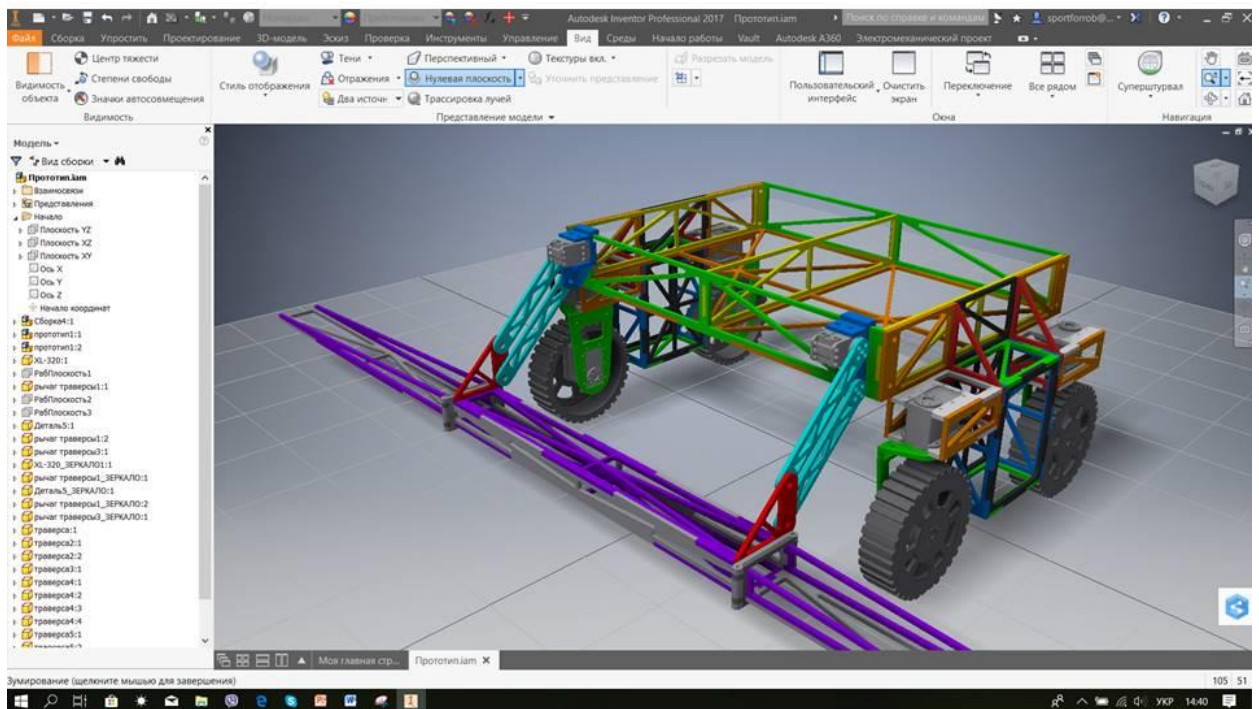


Фрагмент заявки на патент



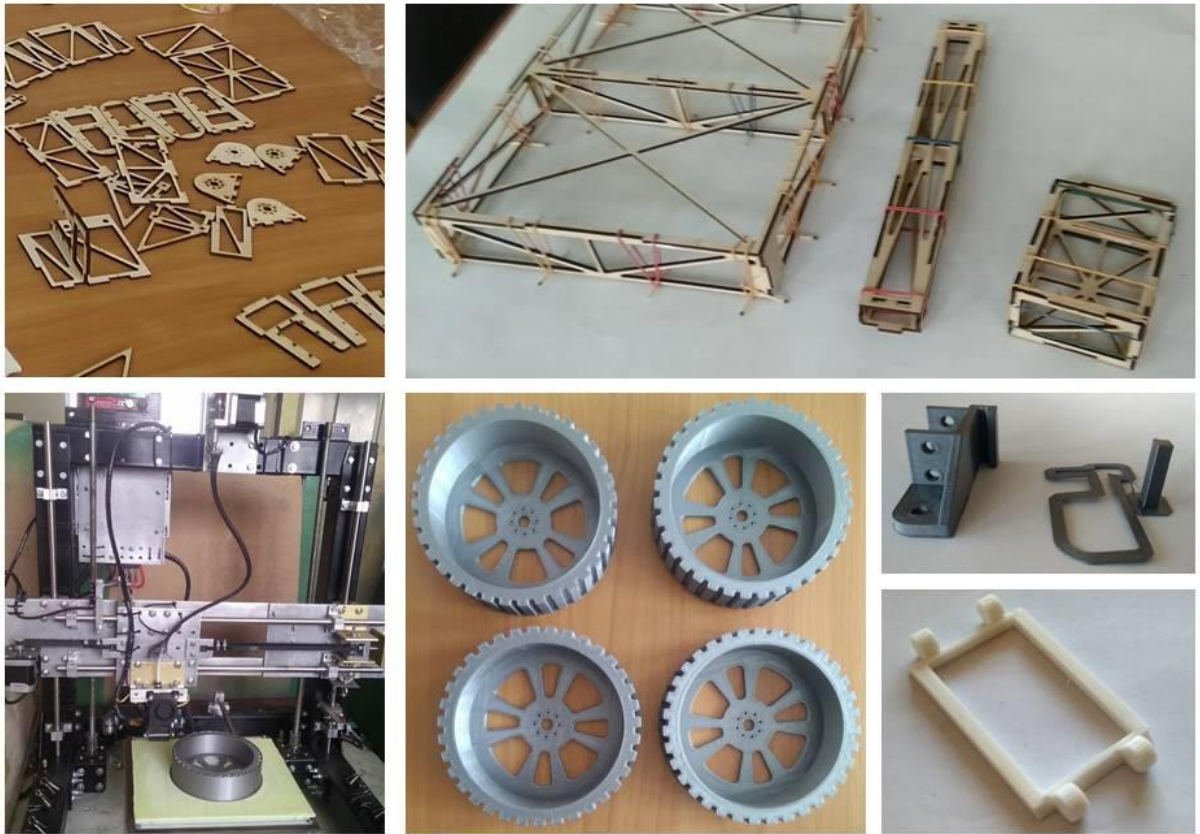
20

Макет «FLIBot» (без обвёсу)

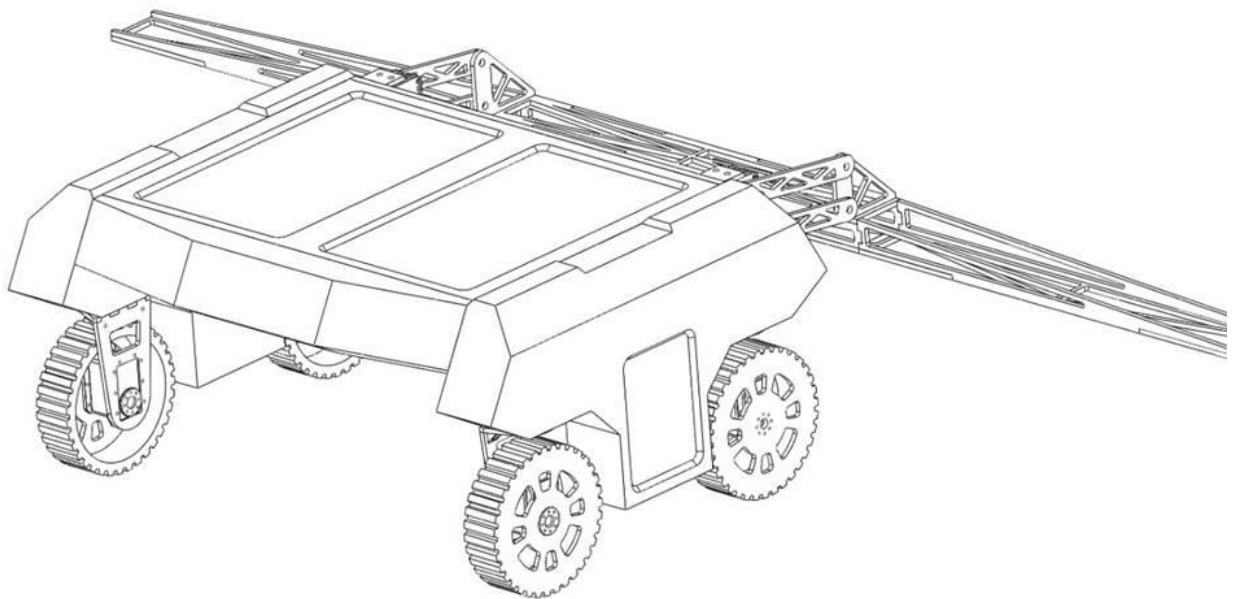


21

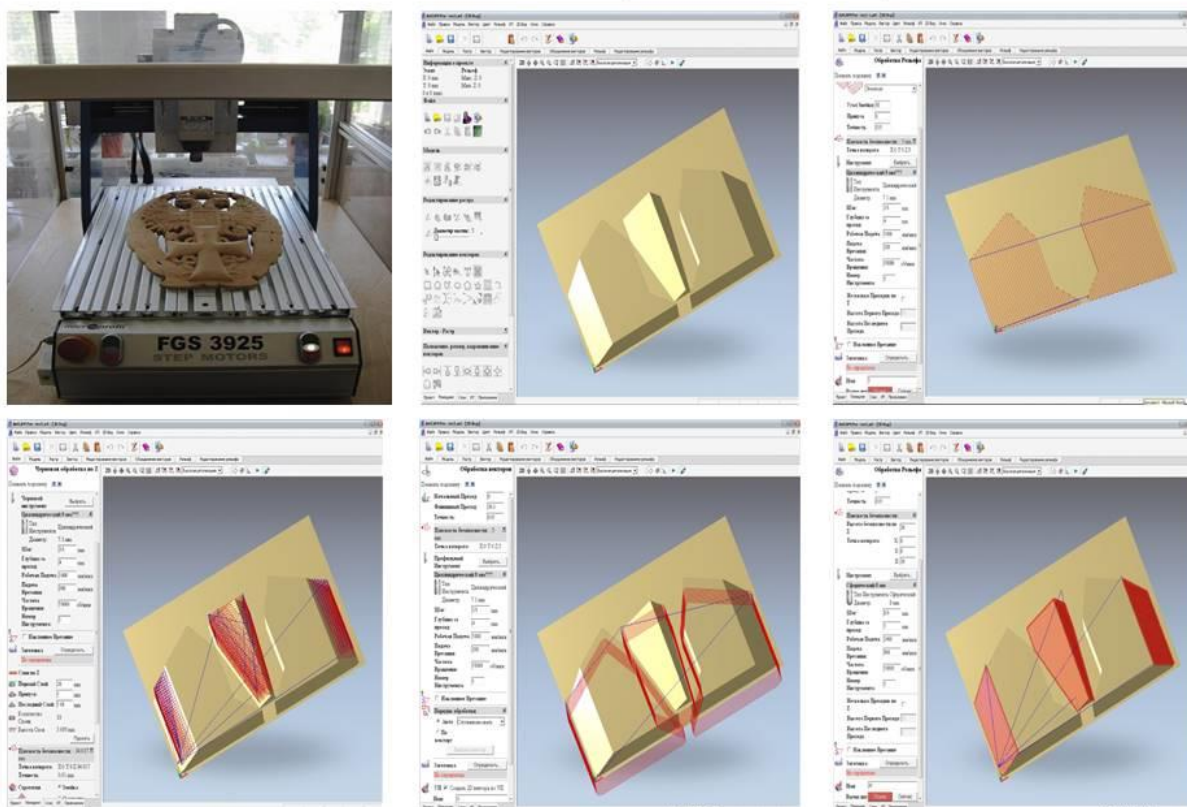
Виготовлення деталей макету «FLIBot»



Макет моделі «FLIBot» (з обвісом)



Технологія виготовлення матриці для обвісу «FLIBot»



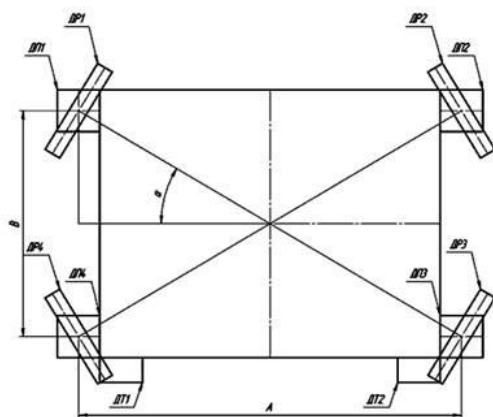
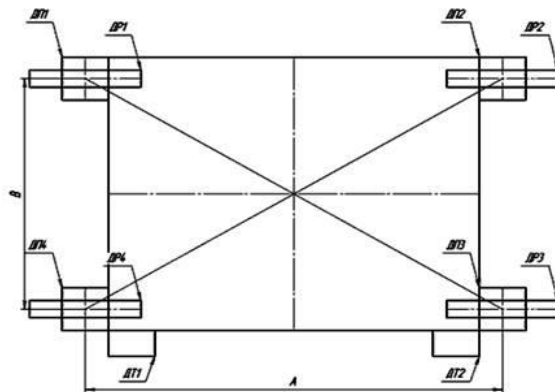
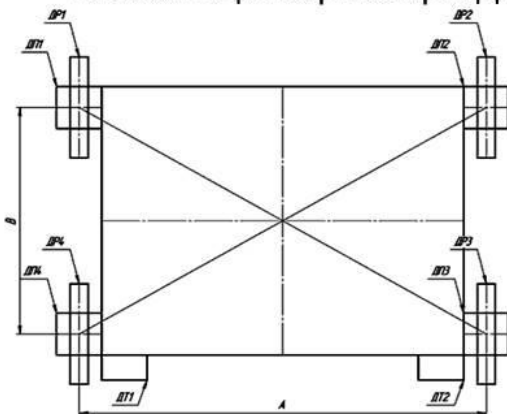
24

Технологія виготовлення обвісу «FLIBot»



25

Комбінація параметрів для керування рухом «FLIBot»



Таблиця 3.1. Комбінації параметрів для керування рухом

Режим	ДП1	ДП2	ДП3	ДП4	ДП1	ДП2	ДП3	ДП4	ДТ1	ДТ2
Вперед	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Назад	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0
Вправо	1	-1	1	-1	90	-90	90	-90	0	0
Вліво	-1	1	-1	1	90	-90	90	-90	0	0
Розворот на місці (за год.стрілкою)	1	-1	-1	1	$\frac{tg\alpha 1}{2} = \frac{B}{A}$	$-\frac{tg\alpha 2}{2} = -\frac{B}{A}$	$\frac{tg\alpha 3}{2} = \frac{B}{A}$	$-\frac{tg\alpha 4}{2} = -\frac{B}{A}$	0	0
Розворот на місці (проти год.стрілкою)	-1	1	1	-1	$\frac{tg\alpha 1}{2} = \frac{B}{A}$	$-\frac{tg\alpha 2}{2} = -\frac{B}{A}$	$\frac{tg\alpha 3}{2} = \frac{B}{A}$	$-\frac{tg\alpha 4}{2} = -\frac{B}{A}$	0	0
Регулювання траверси	0	0	0	0	0	0	0	0	$\frac{\sin\beta}{L-C}$	$\frac{\sin\beta}{L-C}$

26

FLIBot – Farm Land Intellectual Bot

Проект роботизованої інтелектуальної платформи для оприскування в сільському господарстві



Основні технічні характеристики

Споряджена маса	800 кг	Колісна формула	4 x 4
Корисне навантаження	200 кг	Ширина коліс	270 мм
Температура середовища	25 ± 20°C	Потужність (сумарна)	12 кВт
Ширина траверси поливу	6 000 мм	Ємність акумуляторів	16 кВт•год
Положення форсунок	регульоване	Швидкість руху	до 10 км/год
Колісна база	2400 – 2800 мм	Дорожній просвіт	900 мм

Ідея стартапу

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Автономний робот-трактор, що відповідає вимогам точного землеробства	Робота на фермах та агропромислових комплексах	Менший вплив людського фактору при обробці полів. Виконує усе згідно із програмою, що генерується програмним забезпеченням, відповідно до введених умов
Кероване зрошення та внесення добрив	Полив та удобрення	Економія ресурсів
Регулювання ширини колії	Обробка різних рослинних культур	Немає необхідності мати парк різної техніки для обробки різних культур
Розпізнавання рослин	Робота на полі	Робот не буде удобрювати бур'яни та травити корисні культури

28

Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Аналіз ринку

Визначення сильних, слабких та нейтральних сторін проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	Товари/концепції конкурентів			
		проект	Конкурент 1	Конкурент 2	Конкурент 3
1	Вартість обслуговування	N	N	S	N
2	Вартість ремонту	N	N	S	N
3	Стійкість	S	S	W	W
4	Адаптивність	S	N	W	S
5	Доступне обладнання	S	N	W	S
6	Ремонтпридатність	W	N	S	N
7	Інформаційна виразність	S	S	W	N
8	Транспортабельність	S	W	S	W
9	Наявність викидів	N	N	W	N

Технологічна здійсненність проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Використання електроприводу	Застосування мотор-колес	Наявна	+
2	Читання польових карт	Програмне забезпечення, що може читати та керуватися польовими картами	Наявна	+/-
3	Модульна структура	Зварні конструкції, зборка за допомогою метизів	Наявна	+
4	Можливість зміни ширини колії	Керування шириною колії за допомогою електропривода та контролерів	Наявна	+/-
5	Розпізнавання рослин	Система розпізнавання образів	Наявна	+/-
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: Даний проект є цілком <u>реалізованим</u> , проте потребує певних <u>допрацювань</u> .				

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Обробка полів	Фермери та агропромислові комплекси	Різна кількість придбаних одиниць техніки	Надійність, ремонтпридатність, економічність, наявність запчастин
2	Перехід до точного землеробства	Фермери та агропромислові комплекси	Різні вимоги до функціональності роботи та рівня автоматизації його роботи	Автономна робота, економія ресурсів за рахунок нових технологій, зміни читати польові карти

Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Використання застарілої техніки і технологій на внутрішньому ринку	Традиційно поля обробляються великими тракторами та літаками	Рекламна компанія та популяризація точного землеробства
2	Недостатнє фінансування проекту	Нестача коштів для забезпечення розробки робота-трактора із усіма запланованими технологіями	Визначення інвестиційної привабливості проекту, представлення його інвесторам та представлення робочих прототипів
3	Конкуренція	Доступність великим фірмам більшої кількості технологій	Вдосконалення конструкції та зниження собівартості

Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Перехід на систему точного землеробства	Зріст попиту на високотехнологічну сільськогосподарську техніку	Розвернути рекламну компанію на території України, розширити виробництво
2	Вимоги покупців до екологічності продукції	Збільшення продажів через вибір людьми рослин, що не підлягали хімічній обробці	Збільшення обсягу виробництва роботів-оприiskувачів, розробка роботів із альтернативними методами боротьби з бур'янами
3	Подорожчання палива	Економічна доцільність використання електричних	Збільшення обсягу виробництва, розширення

Аналіз ринку

Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари заміники
	AgBot II, HortiBot BoniRob	Thorvald II Dino	Українські постачальники металічних профілів та роликів. Електрообладнання – <u>Китай</u> , комп'ютерна техніка – країни <u>Далі</u> .	Європейські та американські сільські господарства. В разі підвищення популярності в Україні точного землеробства розширення на вітчизняному ринку.	Традиційні трактори.
Висновки:	Всі існуючі конкуренти знаходяться в процесі розробки та ще не вийшли на ринок.	Були заявлені відносно нещодавно, проте, дані про те, що вони досліджувалися на практиці, відсутні.	Постачальники не диктують умови на ринку, так як усі ці виробники використовуються і у інших галузях.	Клієнти диктують умови роботи на ринку, так як передбачається вихід декількох робіт із схожим призначенням, але різним набором функціоналу.	Трактори старих зразків не складають конкуренції, так як потребують дообладнання, при якому не досягнуть рівня технологічності і автоматизації роботи.

Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін FLiBot

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з «FLiBot»						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Низька вартість	18	1,3			2			
2	Багатофункціональність та налаштування ширини колії	16	2	1			3		
3	Модульність конструкції	15		2			1	3	
4	Наявність сонячних панелей	19				1,3	2		
5	Технології і матеріали	10						2	1,3

№ п/п	Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства
1	Тип конкуренції - олігополія	Вирізняється невеликою кількістю виробників. Всі рішення про обсяги виробництва і ціни є взаємозалежними. Відчувається вплив рішень, які приймають конкуренти. Невелика кількість конкурентів (іх наявність відбиває монополію)	Вистигнути зайняти свою ринкову нішу до того, як на ринок вийдуть інші конкуренти. Зарекомендувати свій товар з кращої сторони.
2	За рівнем конкурентної боротьби - національний	Проект орієнтований більше на закордонний, ніж на український ринок, а усі потенційні конкуренти є закордонними розробками.	Є потреба дослідження, як українського ринку, так і міжнародного. Для українського ринку цей продукт є повністю новим, проте на міжнародний ринок вже вийшли сільськогосподарські роботи інших призначень.
3	За галузеву ознакою - внутрішньогалузева	Продукт використовується тільки однієї галузі.	Розвиток в середній галузі, посилюючи конкурентні позиції.
4	Конкуренція за видами товарів	Виробляється схожий продукт однієї галузі, орієнтований на однакову сферу, тільки різними виробниками.	Бути кращим за усіх конкурентів. Покращення технічних характеристик. Рекламна кампанія, направлена на фермерів.
5	За характером конкурентних переваг - не цінова	Розроблений продукт має свої відмінності від розробок конкурентів.	Зниження собівартості продукту.
6	За інтенсивністю - марочна	Регульована ширина колії, здатність руху в будь-якому напрямку та сонячні батареї повинні стати візнаваними рисами FLiBot.	Реклама бренду.

Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
1	Низька вартість.	В Україні більш дешева робоча сила, вартість промислових потужностей та низькі податкові ставки ніж в СС.
2	Багатофункціональність та налаштування ширини колії	Більшість потенційних конкурентів мають вужче коло застосування, та не мають змоги регулювати ширину колії.
3	Модульність конструкції.	Можливе використання набору з різних модулів для побудови робіт із різним призначенням.
4	Наявність сонячних панелей.	Жоден з прямих потенційних конкурентів не обладнаний сонячними панелями.
5	Технології і матеріали	Використовують надійні матеріали, хоча і ті, що мають відносно велику вагу.

SWOT-аналіз стартап-проекту «FLiBot»

Сильні сторони	Слабкі сторони
<ol style="list-style-type: none"> 1. Низька вартість 2. Універсальність 3. Модульність 4. Розроблений відповідно до концепції точного землеробства 5. Автономність 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Наявність потенційних конкурентів 2. Недостатнє фінансування 3. Невідомість бренду
Можливості	Загрози
<ol style="list-style-type: none"> 1. Зріст вимог покупців до екологічності продукції 2. Ранній вихід на ринок 3. Поширення концепції точного землеробства 4. Подорожчання палива 5. Збільшення інвестицій 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вихід на ринок продукції конкурентів 2. Звичність до старої техніки в Україні 3. Недостатнє фінансування проекту 4. Економічна криза

ВИСНОВКИ (Варцаба А.О.)

- Аналіз стану сільськогосподарського машинобудування показав, що на сьогоднішній день все більше поширюється застосування принципів точного землеробства, особливо у розвинутих країнах. При чому точне землеробство потребує специфічних технологій, які були розглянуті у першому та другому розділах даної роботи. І на даний момент жодний з потенційних конкурентів ще не вийшов на ринок.
- За результатами даної роботи було визначено ті характеристики, які, на нашу думку, є необхідними для автономного сільськогосподарського робота-трактора, сформульована концепція та спроектована механічна частина цього робота-трактора. Також був проведений аналіз та визначення необхідних для реалізації інформаційних технологій, а їх застосування дозволило отримати обґрунтовані інженерні рішення. Результати створення стартап-проекту дають зрозуміти, що проект є таким, що має зайняти свою нішу на ринку і буде особливо успішним в тому разі, якщо вийде на ринок раніше за потенційних конкурентів.
- Таким чином на результатах проведених досліджень та розробки можна створити робочий стартап-проект, в тому разі, якщо він знайде своїх інвесторів, що вказує на досягнення мети дипломної роботи.

32

ВИСНОВКИ (Мілаєв Р.Д.)

- Проведений аналіз ринку конкурентів та отримання вхідних даних дозволили підтвердити актуальність створення роботи-зованої платформи.
- За результатами проведеного аналізу створена концепція боко-вого модуля приводу.
- Обґрунтовано та визначено перелік комплектувальних вузлів які дозволяють відтворити роботизовану платформу з покупних елементів модуля при мінімальних фінансових затратах.
- Виконано проектування бокового модуля та створення системи приводу і руху для повороту на 2250°, що дає можливість засто-совувати платформу у стислих просторах густо засаджених полів сучасної агропромисловості.
- Проведено комп'ютерне випробування модуля приводу та оп-тимізація його для зменшення маси, що забезпечило мінімаьльне використання матеріальних ресурсів.
- Розроблено та опрацьовано технології виготовлення та ство-рення віртуального прототипу.
- Здійснено виготовлення діючого прототипу багатофункціона-льної платформи, тим самим експериментально підтверджено можливість створення та працездатності об'єкту проектування.

33

СПИСОК ДРУКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ ТА ДОПОВІДІ КОНФЕРЕНЦІЯХ

1. **Мілаєв Р.Д.** Агропромислова платформа для вирішення сільськогосподарських задач [Текст]/ Мілаєв Р.Д., Солодкий В.І. // Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих вчених та студентів «Інновації молоді – машинобудуванню». – К., 2017.
2. **Варцаба А.О.** Загальна концепція робота-трактора FLIBot [Текст]/ Варцаба А.О., Пасічник В.А. // Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих вчених та студентів «Інновації молоді – машинобудуванню». – К., 2018.
3. **Варцаба А.О.** Механізм регулювання ширини колії автономного робота-трактора FLIBot [Текст]/ Варцаба А.О., Пасічник В.А. // Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих вчених та студентів «Інновації молоді – машинобудуванню». – К., 2018.
4. **Мілаєв Р.Д.** Методи прототипування [Текст]/ Мілаєв Р.Д., Солодкий В.І. // Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих вчених та студентів «Інновації молоді – машинобудуванню». – К., 2018.

34

FLIBot – Farm Land Intellectual Bot

*Проект роботизованої інтелектуальної платформи
для оприскування в сільському господарстві*



Основні технічні характеристики			
Споряджена маса	800 кг	Колісна формула	4 x 4
Корисне навантаження	200 кг	Ширина коліс	270 мм
Температура середовища	25 ± 20°C	Потужність (сумарна)	12 кВт
Ширина траверси поливу	6 000 мм	Ємність акумуляторів	16 кВт•год
Положення форсунок	регульоване	Швидкість руху	до 10 км/год
Колісна база	2400 – 2800 мм	Дорожній просвіт	900 мм